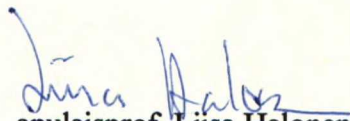


**Marko Juhani Utriainen**

**MATKUSTAJALAIVOJEN SAVUHÄTÄVALAISTUS**

Diplomityö, joka on opinnäytteenä jätetty tarkastettavaksi diplomi-insinöörin tutkintoa varten Espoossa 9.1.1995

**Työn valvoja:**

  
apulaisprof. Liisa Halonen

**Työn ohjaaja:**

  
ins. Antti Poutanen (Kværner Masa-Yards)

19624

TKK SÄHKÖTEKNIIKAN  
OSASTON KIRJASTO  
OTAKAARI 5 A  
02150 ESPOO

**Tekijä:** Marko Juhani Utriainen

**Työn nimi:** Matkustajalaivojen savuhätävalaistus

**Päivämäärä:** 9.1.1995

**Sivumäärä:** 109

**Osasto:** Sähkötekniikan osasto

**Professuuri:** S-18 Sähkölaitokset

**Työn valvoja:** Apulaisprofessori Liisa Halonen

**Työn ohjaaja:** Insinööri Antti Poutanen

Tässä diplomityössä perehdyttiin uusiin IMO:n (International Maritime Organization) laatimiin matkustajalaivojen savuhätävalaistusta koskeviin sääntöihin ja ohjeisiin. Työssä käytiin läpi sääntöjen ja ohjeiden tuomia tulkinnallisia ongelmatilanteita ja pyrittiin etsimään ja antamaan näihin vastauksia ottaen huomioon myös turvallisuustekijät.

Työn alkuosassa käsitellään hätävalaistusta yleisemmältä pohjalta tarkoituksena tuoda esille hätävalaistuksen suunnittelussa tärkeitä huomioitavia asioita. Seuraavaksi esitellään savuhätävalaistusta koskevat säännöt. Tämän työn liitteeseen on suomennettu IMO:n laatimat savuhätävalaistusohjeet, koska ne luovat perustan ja lähtökohdat koko savuhätävalaistukselle.

Työssä on esitelty, tutkittu ja vertailtu erityyppisiä savuhätävalaistusjärjestelmiä. Erityisesti LED- ja EL-järjestelmiä, koska ne hallitsevat markkinoita tällä hetkellä. Myös jälkivalaisevien merkin- töjen ja tavanomaisten merkki- ja turvavalaisimien soveltuvuutta savuhätävalaistukseen on pohdittu.

Työn loppuosassa keskitytään savuhätävalaistuksesta tehtyihin tutkimuksiin ja tuodaan esille näistä saatuja tuloksia. Tutkimukset ovat perustana diplomityössä tehdyille mittauksille.

Diplomityössä mitattiin LEDien ja EL-nauhojen luminasseja savuttomassa tilassa ja määriteltiin kyseisille valonlähteille teoreettiset näkyvyydet eri savuntiheyksillä. Koemenetelmä oli sama kuin mitä VTT:llä aiemmin oli käytetty tavanomaisten merkkivalaisimien mittauksissa.

**Avainsanat:** Savuhätävalaistus, LLL, lisähätävalaistus, hätävalaistus, turvavalistus, merkkivalaistus, poistumistievalaistus, poistumistiejärjestelmä



**Author:** Marko Juhani Utriainen

**Name of the thesis:** Low location lighting on passenger ships

**Date:** 9.1.1995

**Number of pages:** 109

**Faculty:** Faculty of Electrical Engineering

**Professorship:** S-18 Power systems

**Supervisor:** Associate professor Liisa Halonen

**Instructor:** Bsc. El. Eng. Antti Poutanen

The aim of this Master's thesis was to get acquainted with the new IMO regulations and guidelines concerning low location lighting on passenger ships. The aim was to form and collect available interpretations from the subject paying also attention to the security aspects.

In the beginning of this thesis the normal conventional emergency lighting is handled in order to present the important facts that has to be taken into account when designing emergency lighting. Next the LLL rules and regulations are introduced. The IMO guidelines for the evaluation, testing and application of low location lighting on passenger ships have been translated into Finnish because they form the basis of LLL.

Different types of LLL-systems have been introduced, researched and compared. Especially LED- and EL-systems have been studied because they dominate the present market. Also the applicability of the PL-markings and the conventional emergency luminaires in LLL-systems have been estimated.

The final part of this thesis concentrates on different trials that have been made around LLL. The results of these form the basis to the measurements made in this thesis.

The luminance of LEDs and EL-bands were measured in non smoky conditions in order to determine the theoretical visibility of the before mentioned lights in smoky conditions using the same method as VTT has used for the conventional emergency luminaires.

**Keywords:** Low location lighting, LLL, supplementary emergency lighting, emergency lighting, emergency egress lighting, emergency wayfinding system

***Antaa palaa !***



## ALKULAUSE

Osoitan suuret kiitokseni Kværner Masa-Yardsin johdolle saamastani mahdollisuudesta perehtyä erittäin kiinnostavaan ja ajankohtaiseen aiheeseen diplomityön tekemisen myötä. Erityiset kiitokset haluan antaa Esa Yliselle, jonka kautta diplomityön aihe avautui vuoden 1994 tammikuun lopulla. Kiitän myös ohjaajani Antti Poutasta, joka on omien kiireidensä keskellä auttanut minua työni perehdyttämisessä sekä antanut vastuullisia tehtäviä, joista on ollut paljon apua ja hyötyä työni kannalta. Lisäksi haluan kiittää kaikkia työtovereitani, jotka ovat jollain tavalla edesauttanet työni valmistumisessa: erityisesti MaMaa, Tapsaa, Hessua ja Markkua.

Työni valvojaa TkT Liisa Halosta tahdon kiittää saamastani kannustuksesta ja opastuksesta. Kiitos myös Esa Kurhiselle, joka auttoi diplomityöni mittausten tekemisessä. Erityisen lämpimät kiitokset MKH:n Pertti Haataiselle, joka innostuneesti jaksoi ottaa kantaa lukuihin kysymyksiini.

Opiskelutovereitani, erityisesti Pasia, Jaria, Vesaa, Kimmoa, Ristoa ja Mikaa, tahdon kiittää kaikesta avusta, kannustuksesta ja pelkästään samassa veneessä olemisesta kaikkien näiden vuosien aikana. Kunniainnointi annettakoon (tämän kerran) Henkalle, joka lukemattomia kertoja toivotti minulle sydämestään paniikkia opiskeluni ja diplomityöni synkimpinä hetkinä! Kiitos myös kaikille muille ystäväilleni, jotka ovat kannustaneet minua opiskeluni eri vaiheissa.

Lopuksi: Kiitos Anne, että jaksoit tukea ja kannustaa minua koko opiskeluni ajan. Jenna ja Jani: te tuotte ilon elämääni. Rakastan teitä kaikkia.

Espoossa 5.1.1995



Marko Utriainen

# SISÄLLYSLUETTELO:

## Diplomityön tiivistelmä

## Abstract of the Master's thesis

Alkulause	1
Sisällysluettelo	2
Symboli ja lyhenneluettelo	5
1 Johdanto	6
1.1 Taustaa	6
1.2 Diplomityön tavoite ja raja	6
2 Määritelmiä	8
3 Lyhyesti laivojen sähköverkosta ja valaistuksesta	14
3.1 Laivojen sähköjakelusta	14
3.3 Laivojen valaistuksesta	16
4. Hätävalaistuksen suunnittelussa huomioitavia asioita	19
4.1 Yleistä	19
4.2 Valaistusvoimakkuus ja luminanssi	19
4.3 Valaistusvoimakkuuden tasaisuus	20
4.4 Häikäisy	20
4.5 Varjonmuodostus	21
4.6 Valaistuksen toiminta-aika	21
4.7 Poistumistien valaiseminen ja merkitseminen	21
4.8 Palosammutusvälineiden valaiseminen ja merkitseminen	22
4.9 Hätävalaistuksen kytkeytyminen	22
4.10 Arkkitehtuuriset näkökohdat	23
4.11 Merkkivalaistus ja jälkivalaisevat merkinnät	23
4.12 Havaitsejan ominaisuudet	25
4.13 Palon kehittyminen huonetilassa	25
4.14 Savu	26
4.15 Yhteenveto	27
5 Laivojen hätävalaistusta koskevia sääntöjä ja ohjeita	28
5.1 Yleistä	28
5.2 Pakotietä koskeva sääntö	28
5.3 Hätävalaistuksen sääntöjä	29
5.3.1 Yleistä	29
5.3.2 SOLAS-sääntö II-1/41, 2.1	29
5.3.3 SOLAS-sääntö II-1/42	29
5.3.4 SOLAS-sääntö III/11.4, 11.5	30
5.4 Lisähätävalaistuksen sääntö	30
5.4.1 Yleistä	30
5.4.2 SOLAS-sääntö II-1/42-1	30
5.5 Savuhätävalaistussäännöt	30
5.5.1 Yleistä	30
5.5.2 SOLAS-sääntö II-2/41-2, kohta 4.7	31
5.5.3 SOLAS-sääntö II-2/28, kohta 1.10	31



5.6 Savuhätävalaistusohjeet	31
5.7 Savuhätävalaistusta koskevia standardeja	32
5.7.1 Yleistä	32
5.7.2 IEC 598-2-22 (turvavalaisimet)	32
5.7.3 UL 1994 (savuhätävalaistus)	32
5.7.4 DIN 67510 (jälkivalaisevat merkinnät)	33
5.8 Yhteenveto	34
<b>6 Tulkintoja ja tulkintaehdotuksia savuhätävalaistuksesta</b>	<b>35</b>
6.1 Yleistä	35
6.2 Savuhätävalaistussääntöjen tulkintoja	35
6.3 Savuhätävalaistusohjeiden tulkintoja	37
6.4 Lisähätävalaistuksen tulkintoja	51
6.5 Lisähätävalaistus savuhätävalaistuksena	53
6.6 Yhteenveto	55
<b>7 Savuhätävalaistusjärjestelmät</b>	<b>56</b>
7.1 Yleistä	56
7.2 Sähköiset järjestelmät	56
7.2.1 Yleistä	56
7.2.2 Hätävalaistusjärjestelmien jako tehonsyötön perusteella	56
7.2.3 Yhtenäisesti jatkuvat- ja puolijatkuvat järjestelmät	58
7.2.4 Virtalähteet	58
7.2.5 Valonlähteet	59
7.2.5.1 Yleistä	59
7.2.5.2 LED	60
7.2.5.3 EL-nauhat	62
7.2.5.4 Optiset kuidut	64
7.2.6 Merkit ja merkinnät	65
7.2.7 Savuilmaisimet	67
7.2.8 Profilit	67
7.2.9 Liitos ja päätekappaleet	68
7.2.10 Muotoillut kaiteet	68
7.2.11 Äänisignaalit	68
7.2.12 Älykkäät poistumistiejärjestelmät	68
7.2.13 Hätävalaistusjärjestelmän valvontakeskus	69
7.3 Jälkivalaisevat järjestelmät	70
7.3.1 Yleistä	70
7.3.2 Fotoluminesenssien varaaminen	71
7.3.3 Luminanssin alenema	71
7.4 Kytkenät ja kaapelointi	72
7.4.1 Yleistä	72
7.4.2 Virtalähteen ensiöpuoleinen syöttöjärjestely	73
7.4.3 Virtalähteen toisiopuoleinen syöttöjärjestely	74
7.4.4 Valonauhan syöttäminen laipion läpi	77
7.4.5 Puolijatkuvien järjestelmien kaapeloinnista	77
7.4.6 Järjestelmän ohjauskaapelointi	78
7.5 Savuhätävalaistuksen määrä uudessa suurehkoissa risteilijäaluksessa.	79
7.6 Yhteenveto	80
<b>8 Savuhätävalaistusjärjestelmien vertailua</b>	<b>81</b>
8.1 Yleistä	81
8.2 Sähköinen- vai jälkivalaiseva järjestelmä?	81
8.3 Keskitetty vai hajautettu järjestelmä?	82
8.4 Yhtenäisesti jatkuva- vai puolijatkuva järjestelmä?	83

8.5 LEDit vai EL-nauha valonlähteenä?	83
8.6 Jatkuvasti toimiva vai automaattisesti aktivoituva järjestelmä?	85
8.7 Lattia- vai seinäasennus?	85
8.8 Yhteenveto	86
<b>9 Savuhätävalaistuksesta tehtyjä tutkimuksia</b>	<b>87</b>
9.1 Yleistä	87
9.2 Building Research Establishment:in tutkimukset	87
9.2.1 Yleistä	87
9.2.2 Poistumisnopeudet eri järjestelmillä	87
9.2.3 Merkit ja merkinnät	88
9.3 IGP:n tutkimukset	89
9.3.1 Yleistä	89
9.3.2 Valonlähteiden näkyvyys savussa	89
9.3.3 Poistumistiejärjestelmien asennuskorkeus	90
9.3.4 Järjestelmien luokitus savuntiheyden perusteella	90
9.3.5 Yksi henkilö/ryhmä poistujana	91
9.3.6 Järjestelmien partantamismahdollisuuksia	91
9.3.7 Poistumistiejärjestelmissä käytetyt äänisignaalit	92
9.3.8 Johtopäätöksiä IGP:n tutkimuksista	92
9.4 VTT:n mittaukset	93
9.5 Yhteenveto	96
<b>10 Diplomityössä tehdyt mittaukset</b>	<b>97</b>
10.1 Yleistä	97
10.2 Savuttoman tilan mittaukset LEDeille ja EL-nauhoille	97
10.2.1 Mittausjärjestelyt ja tehdyt mittaukset	97
10.2.2 Mittaustulokset	97
10.3 Johtopäätöksiä tehdyistä mittauksista	101
<b>11 Oma ehdotukseni savuhätävalaistusjärjestelmäksi</b>	<b>103</b>
<b>12 Yhteenveto</b>	<b>104</b>
<b>12 Jatkotutkimustarve</b>	<b>106</b>
<b>Lähdeluettelo</b>	<b>107</b>
<b>Liitteet:</b>	
Liite 1. Savu- ja lisähätävalaistussäännöt:	
• SOLAS reg. II-2/28, 1.10	
• SOLAS reg. II-2/41-2, 4.7	
• SOLAS reg. II-1/42-1	
Liite 2. Savuhätävalaistusohjeet	
• Suomen IMO Resolution A.752(18):sta	
• IMO Resolution A.752(18) (alkuperäinen teksti)	
Liite 3. Kuva mitatuista valonlähteistä ja mittauslaitteistosta	



## SYMBOLI JA LYHENNELUETTELO

$d$	katsomisetäisyys, näkyvyys
$E_h$	horisontaalivalaistusvoimakkuus
$E_{kesk}$	tilan keskimääräinen valaistusvoimakkuus
$E_{min}$	tilan pienin valaistusvoimakkuus
$E_v$	vertikaalivalaistusvoimakkuus
$h$	poistumisopasteen korkeus
$I_0$	valonlähteen valovoima savuttomassa tilassa
$I$	valonlähteen valovoima savussa
$L$	absoluuttinen luminanssi
$L_{rel}$	suhteellinen luminanssi pimeässä, ei savua
$L_s$	suhteellinen luminanssi savussa
$L_0$	luminanssi kohtisuoraan valonlähteen pinnalta mitattuna
$L_\alpha$	luminanssi katsomiskulmalla $\alpha$
$m$	optinen savuntiheys
$\alpha$	katsomiskulma/LEDin puoliarvokulma
$\tau$	valon läpäisykerroin savussa metriä kohden
$\omega$	avaruuskulma
<i>ADG</i>	auxiliary diesel generator
<i>BRE</i>	Building Research Establishment
<i>BS</i>	British Standard
<i>CCL</i>	Carnival Cruise Lines
<i>CSA</i>	Canadian Standards Association
<i>DIN</i>	Deutsches Institut für Normung
<i>EL</i>	elektroluminesenssi
<i>ELB</i>	häätävalaistuksen jakelukeskus (emergency lighting board)
<i>EP</i>	sähköinen järjestelmä (electrically powered system)
<i>ES</i>	hätäjakelutaulu (emergency switchboard)
<i>IEC</i>	International Electrotechnical Commission
<i>IES</i>	Illuminating Engineering Society
<i>IMO</i>	International Maritime Organisation
<i>IP</i>	kotelointiluokka (ingress protection)
<i>ISO</i>	International Standardisation Organisation
<i>LED</i>	loistediodi (light emitting diode)
<i>LLL</i>	savuhäätävalaistus (low location lighting)
<i>MFZ</i>	main fire zone
<i>MKH</i>	Merenkulkuhallitus
<i>MS</i>	pääjakelutaulu (main switchboard)
<i>MSC</i>	Maritime Safety Committee
<i>NFPA</i>	National Fire Protection Association
<i>PL</i>	jälkivalaiseva (photoluminescent)
<i>PS</i>	voimajakelutaulu (power switchboard)
<i>RCCL</i>	Royal Caribbean Cruise Line
<i>RO-RO</i>	ajolastaus -purkaus (roll in roll out)
<i>SFS</i>	Suomen standardisoimisliitto
<i>SOLAS</i>	Safety Of Life At Sea
<i>UL</i>	Underwriters Laboratories
<i>VTT</i>	Valtion Teknillinen Tutkimuskeskus



# 1 JOHDANTO

## 1.1 Taustaa

Äskettäin Utön edustalla uponnut Estonia-alus järkytti monia syvästi. Onnettomuudessa menehtyi yli 900 ihmistä jääden nopeasti uppoavan aluksen eri tiloihin. Joidenkin onnettomuudessa olleiden kertoman mukaan valot sammuiivat pian laivan kallistuttua.

Vuonna 1989 Herald Of Free Enterprise:n onnettomuudessa Englannin kanaalissa lukuisia ihmisiä menehtyi täysin pimeissä olosuhteissa, kun laivan kallistuminen aiheutti keskusakustossa toimintahäiriön ja sähkönsaannin keskeytymisen sekä tämän myötä valojen sammumisen. Onnettomuuden seurauksena YK:n alainen järjestö IMO (International Maritime Organisation) vaati SOLAS -säännöillään (Safety of Life At Sea) lisähätävalaistuksen kaikkiin ro-ro-tyyppisiin matkustajalaivoihin. /26/

Pohjanmerellä vuonna 1990 norjalainen Scandinavian Star paloi tuhoisin seurauksin. Jälkitutkimuksissa paljastui, että useat ihmiset menehtyivät yksinkertaisesti sen vuoksi, etteivät olleet savuisissa hyttikäytävissä löytäneet tietään ulos. Savu oli peittänyt poistumisovilla ylhäällä olevan valaistuksen ja merkinnät. Monet olivat harhailleet näiden ohi umpikäytävälle menehtyen pian hähämärätykseen. Norjalaiset järjestöt, the Norwegian Maritime Directorate ja the Norwegian Shipowners Organisation, perustivat komitean pohtimaan, kuinka tällaisia tilanteita varten on etukäteen varauduttava. Yleisesti tiedostettiin, ettei tavanomainen hätävalaistus ole riittävä savussa. Todettiin, että savun takia tarvitaan valaistusta myös lattian tasolla. Lisäksi kyseisen valaistuksen on opastettava ihmiset tilasta pois. Asiaa tutkittiin monella taholla ja lopulta saatiin IMO:n toimesta aikaiseksi savuhätävalaistusta koskevat kansainväliset säännöt ja ohjeet, jotka luovat kehykset eri tyyppisille järjestelmille ja niiden kehittymiselle. /26/

Maailmalla oli vuonna 1990 arviolta 250 kansainvälisessä liikenteessä olevaa matkustajalaivaa, joissa oli yhteensä n. 140000 vuodepaikkaa. Ennustusten mukaan laivojen vuodepaikkakapasiteetti kasvaa oleellisesti lyhyellä aikatahtimella. Suurimmat risteilijäalukset pystyvät tätä nykyä kuljettamaan vajaan kolmetuhatta matkustajaa sekä vajaan tuhat miehistön jäsentä. Tulevaisuudessa laivat suurenevat ja suunnitteilla on laivoja, jotka pystyvät kuljettamaan jopa 5000 matkustajaa sekä n. 2000 miehistön jäsentä. /39/

Laivojen koon suuretessa myös riskitekijät onnettomuuksissa kasvavat. Tilastot osoittavat, että yleisin syy hätätilanteen muodostumiselle laivoissa on tulipalon syttyminen. Se on samalla myös vaarallisimpia laivoissa esiintyviä hätätilanteita. Viimeisten 70 vuoden aikana on matkustajalaivojen onnettomuuksia sattunut keskimäärin kahden vuoden välein. /39/

Koska matkustajien määrä suhteessa miehistöön kasvaa, on tärkeää, että onnettomuustilanteissa on olemassa hyvä poistumistiejärjestelmä täydellisen evakuoimisen onnistumiseksi. Poistumistiejärjestelmän on oltava selkeä, koska se voi tietyissä tilanteissa olla pakenevan henkilön ainoa turva. Savuhätävalaistus on savuisia tulipalotilanteita varten räätälöity opastus. Ajatuksena on, että se toimii opastavana "nauhana", kun näkyvyys savun takia katoaa olemattomiin.

## 1.2 Diplomityön tavoite ja rajaus

Tässä diplomityössä perehdytään IMO:n savuhätävalaistusta koskeviin sääntöihin ja ohjeisiin (ks. liite 1 ja 2), sekä tutkitaan ja vertaillaan eri tyyppisiä kaupallisia sovelluksia. Diplomityö keskittyy sääntöjen tulkittamiseen, eli työssä pyritään selvittämään, miten savuhätävalaistus on toteutettava eri tilanteissa sääntöjen ja turvallisuustekijöiden kannalta. Tarkastelu painottuu uusien laivojen savuhätävalaistukseen.



Diplomityön alussa käsitellään hätävalaistukseen liittyviä asioita yleiseltä pohjalta, jotta näiden ja virallisten tulkintojen avulla pystyttäisiin valitsemaan teknisesti, valaistusteknisesti ja taloudellisesti mahdollisimman hyvä järjestelmä savuhätävalaistusjärjestelmäksi.

Diplomityössä tehtyjen mittausten avulla tutkitaan markkinoilla tällä hetkellä eniten kilpailevien savuhätävalaistusjärjestelmien valonlähteitä eli LEDejä ja EL-nauhoja. Tällä hetkellä Suomessa ei ole olemassa standardia niiden mittamista varten. Mittaukset LEDeille ja EL-nauhoille tehtiin savuttomassa pimeässä huoneessa, josta voidaan teoreettisesti määritellä niiden näkyvyydet eri savuntiheyksillä. Tuloksien avulla nähdään myös kumpi tutkituista valonlähteistä näkyy savussa pidemmälle tietyillä oletuksilla. Mittausmenetelmänä käytetään samaa kuin, mitä VTT on käyttänyt tavanomaisille merkkivalaisimille. /47/

Koska savuhätävalaistus on asiana aivan uusi ja tulkinnat siitä ovat vasta muovautumassa, on tätä työtä luettava kriittisesti. Referenssejä aiemmin tehdyistä ratkaisuksista ei yksinkertaisesti ole. On tietysti hyvä, mikäli diplomityö herättää uusia ajatuksia ja kritiikkiä, koska niiden avulla savuhätävalaistus hakeutuu oikeille urilleen.

## 2 MÄÄRITELMIÄ

Valaistuksessa yleensä sekä erityisesti hätävalaistuksessa esiintyy käsitteitä, joiden merkitykset eivät aina ole yksiselitteisiä. Usein sanojen merkityksiä sekoitetaan keskenään, jolloin ei aina välttämättä ole selvää, mitä tarkoitetaan eri yhteyksissä. Onkin tarkoituksenmukaista heti aluksi selvittää tässä työssä esiintulevia oleellisia käsitteitä ja niiden määritelmiä.

Standardeissa SFS-EN 60 598-22-2 /13/, SFS 4640 /42/ on täsmällisesti määritelty laaja määrä turvavalaukukseen liittyviä käsitteitä. SFS-IEC-50(845) -standardissa /40/ on määritelty valaukukseen liittyviä termejä.

### EL-nauha (EL-strip)

Tässä työssä käytetty nimitys nauhamaiselle valonlähteelle, jonka valontuotto perustuu elektroluminesenssiin. Voidaan käyttää myös IES:n mukaan nimitystä elektroluminesenssilamppu (EL-lamp). /40/

### Fluoresenssi (fluorescence)

Fluoresenssi on fotoluminesenssia, jossa säteilyä syntyy ainoastaan materiaalin virittymisen aikana tai välittömästi tämän jälkeen. Fluoresenssi on niin sanottu nopea ilmiö. Ks. fotoluminesenssi ja fosforenssi. /10/

### Fosforenssi (phosphorence)

Hidas säteilyilmiö, jossa emissio perustuu aineen kykyyn varastoida energiaa ja säteillä sitä viivellä. Ks. fotoluminesenssi ja fluoresenssi. /10/

### Fotoluminesenssi (photoluminescence)

Ilmiö, jossa aine emittoi näkyvää valoa, kun sitä säteilytetään UV-säteilyllä. Savuhätävalaistuksessa käytettävät jälkivalaisevat materiaalit perustuvat fotoluminesenssiin. Tosin niiden tulee saada varauksensa näkyvästä valosta. /10,18/

### Hätäjakelutaulu (emergency switchboard)

Telakalla puhutaan hätäjakelu- tai hätäjakotauluista, kun tarkoitetaan eri jakelukeskuksia. Hätäjakelutaulu ES1 (440 V) on ymmärrettävä hätäjakelun pääkeskukseksi. Hätäjakelutaulut ES2 (230 V) ja ES3 (230 V) ovat puolestaan alajakokeskuksia. Katso laivan sähkönjakelun periaatekaavio sivulla 15. /35/

### Hätävalaisin (emergency luminaire)

Ks. turvavalaisin. Tässä työssä hätävalaisin=turvavalaisin. /35/



## **Hätävalaistuksen ryhmäkeskus (emergency lighting board)**

Hätävalaistuksen ryhmäkeskukset syöttävät varsinaisia kuluttajia. Jokaisella pääpalovyöhykkeellä on vähintään yksi ryhmäkeskus. /35/

## **Hätävalaistus (emergency lighting)**

Termit hätä- ja turvavalistus sekoitetaan usein keskenään. Laivoissa puhutaan hätävalaistuksesta, kun tarkoitetaan sitä valaistusta, joka jää palamaan normaalin valaistuksen syötön katkettua. Turvavalistus on tuttu maapuolelta. Hätä- ja turvavalistus tarkoittavat tässä työssä samaa asiaa (ks. turvavalistus). /35/

## **Jakelutaulu (switchboard)**

Telakan kieli poikkeaa hieman maapuolen vastaavasta. Taulu-nimitys tulee sanasta englanninkielisestä sanasta "board".

## **Jälkivalaiseva järjestelmä (PL-system)**

Jälkivalaisevilla (fosforoiduilla) materiaaleilla toteutettu savuhätävalaistusjärjestelmä. Eräillä aineilla kuten esimerkiksi sinkkisulfidilla on kyky varata normaalivalaistuksesta energiaa, joka sitten emittoituu valona pimeässä. Emittoituvan valon luminanssi pienenee ajan kuluessa. /10/

## **Keskimääräinen pallovalovoima (mean spherical luminous intensity)**

Valonlähteen joka suuntaan lähettämän valovoiman keskimääräinen arvo. Saadaan myös jakamalla valovirta koko avaruuskulmalla  $\omega = 4 * \pi$ . /38,40/

## **Keskusakustojärjestelmä (central battery system)**

Keskusakustojärjestelmä on järjestelmä, jonka valaisimien virtalähteenä käytetään yhteistä akustoa varauslaitteineen. /42/

## **Keskusvaraajajärjestelmä (central inverter system)**

Keskusvaraajajärjestelmässä jokaisessa valaisimessa on akku. Akut varataan yhteisellä keskitetyllä varaajalla. /42/

## **Lastialus (cargo ship)**

Laiva, jossa on alle 12 matkustajaa. /22/

## **LED (light emitting diode)**

LED=loistediodi. LED on valoa emittoiva puolijohdekomponentti. /40/

### **Lisähätävalaistus (supplementary emergency lighting)**

SOLAS II-1/42-1 -säännön mukaan laivoihin, joissa on ro-ro-lastitiloja tai muita erityislastitiloja (esim. autokansitiloja), tulee jokaiseen yleisötilaan ja jokaiselle ja käytävälle asentaa itsetoimiva lisähätävalaistus, joka toimii itsenäisesti kolme tuntia sen jälkeen, kun kaikki muut tehonsyötöt ovat katkenneet. Lisähätävalaistus voi toimia savuhätävalaistusjärjestelmän osana tai siten, että se kokonaan korvaa savuhätävalaistusjärjestelmän. Tällöin kuitenkin edellytetään, että lisähätävalaistus täyttää molemmille järjestelmille asetetut vaatimukset. Lisähätävalaistusjärjestelmä voi olla joko sähköinen tai jälkivalaiseva. Sähköinen lisähätävalaistus saa yleensä syöttönsä hätäjakelutaulun kautta, ja normaalisyötön katketessa itsenäisesti toimivilta 3 h:n akuultaan. /22/

### **Matkustaja (passenger)**

Matkustaja on kuka tahansa paitsi laivan palveluksessa oleva henkilö (miehistön jäsen). Alle yksivuotiaat lapset eivät ole SOLAS-määritelmän mukaan matkustajia. /22/

### **Matkustajalaiva (passenger ship)**

Yli 12 matkustajaa kuljettava laiva on matkustajalaiva. /22/

### **Merkkivalaisin (signal light)**

Merkkivalaisin on kiinteä kuva- tai tekstitunnuksella varustettu turvalaisin, joka osoittaa poistumistien sijainnin ja suunnan. Merkkivalaisin toimii normaalin valaistuksen kanssa yhtä aikaa ja siitä riippumatta. Merkkivalaisimella aikaansaadaan jäljempänä mainitun merkkivalaistuksen mukainen valaistus. /13/

### **Merkkivalaistus (signal lighting)**

Merkkivalaisimilla toteutettu valaistus, joka osoittaa poistumistiet. Merkkivalaistus toimii tavallisen valaistuksen yhteydessä yhtä aikaa ja siitä riippumatta. Laivoissa merkkivalaistus saa syöttönsä laivan hätäjakeluverkosta. /13,42/

### **Poistumistie (escape route)**

Poistumistie on laivan (rakennuksen) kustakin kohdasta sen ulkopuolelle tai muulle turvalliselle paikalle johtava esteetön ja jatkuva tie esimerkiksi palon sattuessa. Poistumistiehen voivat kuulua mm. kulkutiet, sisäinen käytävä, uloskäytävä. Tässä työssä poistumistie=pakotie. /42/

### **Poistumistievalaistus (escape lighting)**

Poistumistievalaistus on se turvalaistuksen osa, joka takaa, että poistumistiet voidaan varmasti tunnistaa. /13/

### **Puoliarvokulma (half intensity cone)**

Sellaisen valokeilan kulman suuruus, jonka uloimpien pisteiden valovoima-arvot ovat puolet keskiakselin maksimiarvosta. /38/



### **Puolijatkuva savuhätävalaistusjärjestelmä (semicontinuous system)**

Tässä työssä käytetty nimitys ei yhtenäisesti jatkuvasta savuhätävalaistusjärjestelmästä. Puolijatkuva savuhätävalaistusjärjestelmä voidaan toteuttaa turva- tai merkkivalaisimilla, jotka asennetaan sopivin etäisyyksin toisistaan siten, että poistumistie on jatkuvasti hahmotettavissa. /18/

### **Pääjakelutaulu (main switchboard)**

Pääjakelutaulun (MS) jännite on yleensä 440 V. Pääjakelutaulut saavat syöttönsä voimajakelutaululta PSxx. Katso laivan sähkönjakelun periaatekaavio sivulla 15.

### **Pääpalovyöhyke (main fire zone)**

Laiva jaetaan pystysuunnassa palovyöhykkeisiin. Pääpalovyökkeen leveys ei saa ylittää 40 metriä. Porraskuilut voivat muodostaa ns. alipalovyöhykkeen. /35/

### **Ro-ro (roll on roll of)**

Ajolastaus ja ajopurkaus. Lastin- tai rahdinkäsittelymenetelmä, jossa lastataan ja puretaan (laivasta) pyörien päällä (vrt. laivan autokannet). /22/

### **Ro-ro matkustajalaiva (ro-ro passenger ship)**

Ro-ro lastitiloja tai muita erityistiloja (ks. SOLAS II-2/3 /22/) sisältävä alus, joka kuljettaa myös matkustajia. Ruotsinlaivat ovat ro-ro matkustajalaivoja. /8,22/

### **Savuhätävalaistus (low location lighting = LLL)**

Savuhätävalaistus on tässä työssä käytetty vakiintumassa oleva suomennos LLL:stä. Se on lattianrajaan asennettu jatkuva poistumistiejärjestelmä, jonka tarkoituksena on toimia nimenomaan savuisissa olosuhteissa siten, että henkilöt löytävät tiensä tilasta ulos. Savuhätävalaistus voi olla joko sähköisesti syötettävillä valaisimilla tai jälkivalaisevilla nauhoilla toteutettu. Lisäksi järjestelmä voi olla joko yhtenäisesti jatkuva tai erillisillä valaisimilla tehty. Savuhätävalaistus kytketään uusissa laivoissa laivan hätäjakeluverkkoon, vanhoissa aluksissa se voidaan kytkeä normaalin valaistuksen verkkoon. /18/

### **Siirrettävä turvavalaisin (portable rechargeable battery operated lamp)**

Lisähätävalaistuksessa miehistöalueilla käytetty kannettava valaisintyyppi. /22/

### **Sähköinen järjestelmä (EP-system)**

Sähköinen järjestelmä tulee englanninkielisestä nimityksestä electrically powered system. Sähköinen järjestelmä on sähköllä toimiva savuhätävalaistusjärjestelmä. Voi olla yhtenäisesti jatkuva tai puolijatkuva. /18/



### **Turvavalaisin (emergency luminaire)**

Turvavalaisin on valaisin, jolla aikaansaadaan turvavalistus. Turvavalaisin voi olla joko erikoisesti turvavalistukseen tarkoitettu valaisin tai normaali valaisin. Esimerkiksi savuhätävalaistuksessa lattianrajaan asennetut muut kuin merkkivalaisimet ovat turvavalaisimia. /13/

### **Turvavalistus (emergency lighting)**

Turvavalistus on valaistus, joka tavallisen valaistuksen häiriötilanteessa valaisee huoneistoa tai sen osaa ja poistumistietä riittävän henkilöturvallisuuden saavuttamiseksi. Turvavalistukseen kuuluu poistumistie- ja varavalistus (myös savuhätävalistus). Turvavalistus mahdollistaa turvallisen ulospääsyn, pelastustoimenpiteet ja tietyissä tapauksissa töiden turvallisen lopettamisen. Turvavalistusta käytetään merkkivalaistuksen lisäksi tarvittaessa. Turvavalistuskäsite on enemmänkin tuttu maapuolella. Laivoissa puhutaan hätävalaistuksesta, kun tarkoitetaan turvavalistusta. Turva- ja hätävalaistuksella on sama käännös englanniksi (emergency lighting). Turvavalistus on laivoissa kytkettynä hätäjakelutaulu ES3:een, jolloin se saa hätägeneraattorisytön lisäksi syötön keskusakustosta. /13,22,42,/

### **Valaisinkohtaisella virtalähteellä varustettu turvavalaisin**

Valaisinkohtaisella virtalähteellä varustettu turva- tai merkkivalaisin on valaisinyksikköjärjestelmässä käytettävä valaisin, jonka kaikki osat, kuten akku, lamppu, syöttölaite sekä ohjausyksikkö, on rakennettu valaisimen sisään tai enintään 1.0 m:n päähän valaisimesta. /13/

### **Valaisinyksikköjärjestelmä**

Valaisinyksikköjärjestelmässä jokainen valaisin on itsenäisesti toimiva. Valaisimissa on akku, latauslaite ja kytkinlaitteet valaisinkohtaisina tai enintään kahdelle valaisimille. /42/

### **Varavalistus (emergency lighting)**

Varavalistus on se turvavalistuksen osa, joka mahdollistaa toiminnan jatkamisen tai päättämisen turvallisesti. Varavalistuksella voi olla normaalia valaistusta alhaisempi valaistusvoimakkuus. Varavalistus on käyttötarkoituksesta riippumaton yleisnimitys valaistukselle, joka tavallisen valaistuksen tarkoituksettomasti sammussa jää palamaan, syttyy itsetoimivasti tai voidaan sytyttää käsin. Laivoissa varavalistus on kytkettynä hätäjakelutaulun ES2:een, joten sillä ei ole samaa keskusakustovarmennusta, kuten hätävalaistuksella. /13,42,35/

### **Varavoimageneraattorijärjestelmä (standby generator)**

Varavoimageneraattorijärjestelmässä tarvittava sähkö hätävalaisimille tuotetaan erillisellä varavoimakoneistolla (laivoissa hätägeneraattorilla). /42/

### **Yhtenäisesti jatkuva järjestelmä (continuous system)**

Savuhätävalaistusohjeiden mukaan savuhätävalaistusjärjestelmät on pääsääntöisesti tehtävä siten jatkuviksi, että katkoksia saa ainoastaan olla hyttikäytävien risteyksissä ja ovien kohdilla. Yhtenäisesti jatkuva järjestelmä on tässä työssä käytetty nimitys kyseisille järjestelmille. /18/



## **Yleisötilat (public spaces)**

Yleisötilat ovat ne matkustajille tarkoitettut majoitustilojen osat, jotka on erotettu esimerkiksi halleiksi ja auoloiksi. /22/

### 3 LYHYESTI LAIVOJEN SÄHKÖVERKOSTA JA VALAISTUKSESTA

#### 3.1 Laivojen sähköjakelusta

Laivojen sähköjakelun pääperiaatteiden ymmärtäminen on oleellista, jotta hätävalaistuksen sähkösaannista muodostuisi oikea mielikuva. Hätätilanteissa on mahdollista siirtää syöttöjä eri jakelutauluilta toiselle, joten tärkeitä toimintoja on mahdollista ylläpitää vikojen sattuessakin.

Laivojen sähköjakeluverkko on rungosta eristetty. Sanotaan, että järjestelmä on kelluva, ts. nollajohtimia ei ole. Laivoissa varatehonlähteenä käytetään hätägeneraattoria, joka käynnistyy, jos normaaliverkko rikkoutuu. Hätägeneraattorin ohella on akusto, jota käytetään hätägeneraattorin vikojen yhteydessä. Akusto mitoitetaan laivakohtaisesti arvioidun tehonkulutuksen (ES3 kuormitus) perusteella. Normaalisyötön toimiessa akustoa varataan varaajilla (varausteho normaaliverkosta ES1:n kautta). Lisäksi akuston yhteydessä on yleensä invertteri(t), jota tarvitaan purkauksen aikana vaihtosähkön luomiseksi. /22,35/

Laivojen sähkö voidaan tuottaa seuraavilla tavoilla: apudieseileillä, pääkoneen akselilta, höyry- tai kaasuturpiineilla, joiden yhteydessä on oltava myös generaattorit. Telakalla syötön voi ottaa maaliitännän kautta maapuolen sähköverkosta. /24/

Laivojen sähköjakelun pääperiaate selviää pääkaavion (kuva 1) avulla. Kaavioesimerkki on Kværner Masa-Yards:in Helsingin telakalla 1994 rakennetusta m/s Fascinationista. Nykyistä kehitystä edustaa AC/AC -käyttö, jossa voimalaitosperiaatteella toimivassa järjestelmässä käytetään taajuussäädettyä vaihtovirtapotkurimoottoria (propulsiomoottori). Pääverkossa käytetään seuraavia jännitteitä eri kuluttajille: 6,6 kV propulsiojärjestelmälle, ala-aseille, ilmastointikompressoreille ja ohjauspotkureille; 440 V suurille kuluttajille ja keittiölaitteille; 230 V pienille kuluttajille, keittiölaitteille ja valaistukselle; 120 V keittiön kuluttajille ja amerikkalaisille pistorasioille. /24/

Jakelutaulut jakaantuvat pää- (PS ja MS) ja hätäjakelutauluihin (ES). Pääjakelutaulujen ylimmällä tasolla ovat 6,6 kV:n voimajakelutaulut (PS1), joita käytetään isojen moottorien, esimerkiksi propulsiojärjestelmän, ohjauspotkureiden ja ilmastointikompressoreiden sähkösyöttöön. Lisäksi muuntajien kautta syötetään 440 V:n pääjakelutauluja (MS1 ja MS2), joita käytetään suurten kuluttajien, esimerkiksi ilmastoinnin, pumppujen yms. sähkösyöttöön. 230 V:n pääjakelutaulut (MS20, MS21...) saavat syöttönsä pääjakelutaululta MS2 muuntajan välityksellä. Näitä käytetään mm. pienempien kuluttajien, pistorasioiden sekä valaistuksen virransyöttöön.

Hätäjakelutaulu ES1 (440 V) saa normaalitilanteessa syöttönsä pääjakelutaululta MS1. Niin sanotuissa "black out"-tilanteessa automaattikka hoitaa syötön hätägeneraattorilta (EDG1). ES1:stä käytetään sellaisten hätäkuluttajien, kuten esimerkiksi henkilöhissien, varapumppujen, hätäkompressoreiden, palopumppujen ja tyhjennyspumppujen virransyöttöön. ES1:stä on myös syöttö muuntajan kautta hätäjakelutauluun ES2 (230 V). ES2:sta käytetään 230 V:n hätäkuluttajien, esimerkiksi sairaala- ja navigointilaitteiden, radioaseman ja keskusradion virransyöttöön. Myös mahdollinen konetilojen varavalaistus saa syöttönsä ES2:n kautta. /24,35/

Hätäjakelutaulu ES3 (230 V AC/DC tai 24 VDC) saa syöttönsä ES2:sta. Ilman invertteriä ES3 syöttää tasasähköä suoraan akustosta, ellei hätädieselikäynnisty. ES3 syöttää mm. hätävalaistusta, palohälytystä, kulkuvaloja, vesitiiviiden ovien ja palopeltien indikoiteja. Tässä työssä käsiteltävä savuhätävalaistus on ohjeiden mukaisesti uusissa aluksissa oltava kytkettynä laivan hätäjakelutauluun, joten se voidaan kytkeä samaan verkkoon normaalin hätävalaistuksen kanssa eli ES3:een Savuhätävalaistukselle ei SOLAS-säännöissä kuitenkaan suoraan vaadita syöttöä keskusakustosta. Tällöin se voidaan periaatteessa kytkeä ES2:een. Vanhoissa aluksissa savuhätävalaistus voidaan kytkeä normaalin valaistuksen verkkoon (MS20...), tällöin paikallisten virtalähteiden yhteydessä on oltava tunnin toimivat akut.



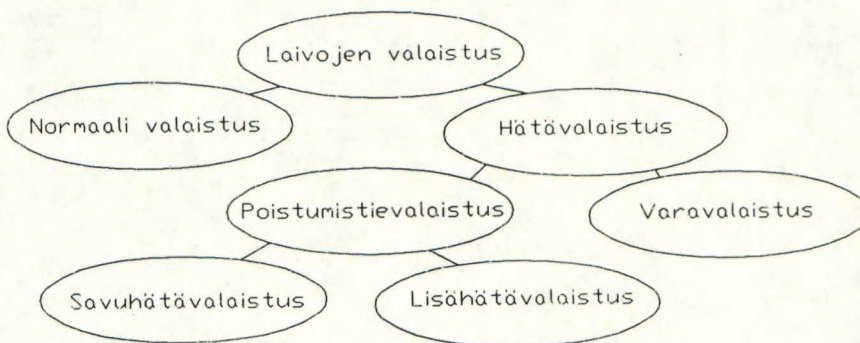


Hätävalaistuksen jakelukeskuksia on jaettu laivaan pääpalovyöhykkeittäin. Keskuksia on vähintään yksi palovyöhykettä kohden, mutta niitä voi tilanteen mukaan olla useampiakin, esimerkiksi yksi laivan ylä- ja toinen alakansilla. Hätävalaistuksen jakelukeskuksen jännite riippuu ES3:n jännitteestä ja käytetyistä valonlähteistä. Se voi olla 230 V AC/DC tai 24 V DC. /18,22,24,35/

Tulevaisuuden suuntauksena on hajauttaa pääjakelutaulut palo-osastoittain, jolloin hätäjakelutaulujen sähkönsaanti varmentuu eri vikatilanteissa. /24/

### 3.3 Laivojen valaistuksesta

Seuraavassa tarkastellaan laivojen valaistusta yleisesti. Esitetyt asiat perustuvat pääosin IES:n (International Electrotechnical Society) suosituksiin. Laivojen valaistus voidaan karkeasti jakaa syötön perusteella normaaliin valaistukseen ja hätävalaistukseen /35/. Normaalitilanteessa hätävalaistus toimii yhdessä normaalin valaistuksen kanssa, eli se saa syöttönsä pääjakelutaulun (MS2) kautta /22/. Hätävalaistus voidaan edelleen jakaa poistumistie- ja varavalaistukseen /13/. Varavalaistusta käytetään esimerkiksi konetiloissa, jotta siellä voitaisiin normaalisyytön häiriintyessä jatkaa työskentelyä ja suorittaa tarvittavia korjaustoimenpiteitä /35/. Poistumistievalaistus osoittaa oikean poistumistien. On olemassa eri tapoja toteuttaa poistumistievalaistus. Matkustajalaivoissa poistumistievalaistus on jaettavissa SOLAS-sääntöjen mukaisesti savu- ja lisähätävalaistukseen /22/. Savu- ja lisähätävalaistus voidaan toteuttaa merkkivalaisimilla, joten merkkivalaistus on tavallaan myös poistumistievalaistusta /13/.



**Kuva 2.** Valaistuksen jakaantuminen matkustajalaivoissa. /22/

Laivojen valaistus on pääperiaatteeltaan samankaltaista, kuin maapuolen valaistus. Matalat katot, ja muutenkin ahtaammat tilat vaikeuttavat kuitenkin osaltaan asennusta. Valaisimien on kestävä merelliset olosuhteet. Koska laivassa oleva sähköteho on rajallista, tulisi valaisimien kuluttaa ottamansa teho optimaalisesti. /38/

Laivan eri tiloihin suositellaan eri valaistusvoimakkuusarvoja. Taulukkoon 1 /38/ on koottu näitä suosituksia lähinnä niiden laivan tilojen osalta, joissa on matkustajia, koska tässä työssä käsiteltävää savuhätävalaistusta vaaditaan määräysteksteissä ainoastaan matkustajien poistumisteille. Taulukon 1. mukaan hyttikäytävillä riittää 100 lx:n valaistusvoimakkuus, portaikoissa suositellaan 200 lx:a turvallisuussyistä. On huomattava, että taulukon arvot ovat ainoastaan IES:n suosituksia. Laivan lippumaan viranomaismääräykset on huomioitava tapauskohtaisesti. Laivoissa valaistussuunnittelu



on matkustajatiloissa paljolti arkkitehdin varassa, joka määrää valaisinten sijainnin. Valaisimien valonjakokäyrrille ei anneta laivapuolella suurta painoarvoa, koska valaisimien sijainti perustuu pääosin ulkonäöllisiin seikkoihin /35/.

**Taulukko 1.** Suositeltuja valaistusvoimakkuusarvoja laivan eri tiloissa IES:n mukaan /38/.

Tila/Toiminta	Valaistus-voimakkuus [lx]	Tila/toiminta	Valaistus-voimakkuus [lx]
Hytit ja sviitit		Terveysasema	
Yleisvalaistus	100	Yleisvalaistus	300
Kylpyhuoneet	100	Leikkaustilat	2000
Peilit	500	Kirjastot ja oleskelutilat	
Parturit ja kauneussalongit	500	Yleisvalaistus	200
Päivähuoneet		Kaupat	200
Yleisvalaistus	200	Tupakointihuoneet	150
Ruokasalit ja messit	200	Portaikot	200
Kävelykadut	100	Virkistysalueet	
Sisääntuloaulat ja käytävät	100	Tanssisalit	150
Yleisvalaistus	100	Cocktailbaarit	150
Laivaan nousu	300	Uima-altaat	150
Voimistelusalit	300	Teatteri	
		Yleisvalaistus	100
		Esityksen aikana	1

Ruokasaleissa, toimistoissa, virkistys- ja lääkintätiloissa sekä hyteissä käytetään yleisvalaistusta ja kohdevalaistusta. Yleisvalaistuksella pyritään aikaansaamaan riittävän hyvät ja turvalliset olosuhteet normaaliolosuhteita ajatellen. Käytävät ja portaikot valaistaan tasaisesti kattoon tai sen läheisyyteen asennetuilla valonlähteillä. Tarkoituksena on valaista käytävät koko leveydeltään, jotta ne olisivat mahdollisimman turvallisia liikkumista ajatellen. Hätätilanteen valaistus hoidetaan siten, että osa kattoon asennetuista valaisimista on kytkettynä hätäjakeluverkkoon, jolloin ne jäävät palamaan normaaliverkon häiriötilanteissa. Kyseiset valaisimet sijoitetaan siten, että ne valaisevat esimerkiksi poistumisovia ja mahdollisia esteitä, jotka muuten saattaisivat vaarantaa ja hidastaa liikkumista /35,38/.

Pimeän aikana navigointia varten tarkoitetut tilat pidetään muuten pimeinä paitsi instrumenttivalojen ja karttapöydän osalta. Aallonpituudeltaan 590 nm suurempi punainen valo on sopiva esimerkiksi karttapöydän valaisemiselle. Luminanssin osalta on huomioitava ettei se ylitä arvoa 0,3 cd/m<sup>2</sup>. Edelliset arvot ovat optimaalisia silmän hämäräadaptoitumisen kannalta. Navigointitiloissa on myös hätävalaistus, jotta toimintaa pystyttäisiin jatkamaan myös normaalin valaistuksen sammuttua. /38/

Koneita ja valvontalaitteita sisältävissä tiloissa käytetään yleisvalaistuksen lisäksi muita valaisimia valaisemaan kytkimiä, mittareita ja muita työskentelyn kannalta oleellisia laitteita ja alueita. Valaistuksen suunnittelussa on huomioitava, etteivät tilan seinä- ja kattopinnat aiheuta haitallisia heijastuksia heikentäen mittareiden luettavuutta. Konetilojen hätävalaistus voidaan toteuttaa esimerkiksi poistumisovien yläpuolelle sijoitetuilla merkkivalaisimilla. Tiloissa voidaan käyttää lisäksi ns. varavalaistusta, jotta työskentelyä voitaisiin jatkaa myös normaalivalaistuksen häiriötilanteissa ja voitaisiin tehdä tarvittavat korjaustoimenpiteet. /38/

Laivan ulkokansilla valaisimien on oltava vesitiiviitä (IP56). ja niiden on sijaittava siten, että tarvittavat huoltotoimenpiteet voidaan helposti suorittaa. Pelastusveneasemat valaistaan erikseen valonheittimillä. /38/



Eri tiloissa käytetään tilanteen mukaan hyvinkin erilaisia valonlähteitä. Valaistuksessa käytetään samoja valonlähteitä kuin maapuolellakin. Valaisimia ja valonlähteitä valittaessa on kuitenkin kiinnitettävä enemmän huomiota niiden rakenteellisiin ominaisuuksiin, jotta ne kestäisivät kaikissa esiintulevissa olosuhteissa. Yleisvalaistuksessa käytetään loistelamppuja, pienloistelamppuja, hehkulamppuja ja erityyppisiä purkauslamppuja. Laivan disko on hyvä esimerkki erikoisvalaistuksen käytöstä: tehostevalaistuksena käytetään neonlamppuja, halogeenilamppuja, pienoishehkulamppuja (=tivolivalot), valokuituja, lasereita ym. Optisten kuitujen käyttö on lisääntynyt kovasti. Optiset kuidut ovat myös potentiaalisia vaihtoehtoja savuhätävalaistusjärjestelmissä.

Laivojen valaistuksen täytyy yleisesti ottaen noudattaa kansainvälisen standardin IEC-92 vaatimuksia. Laivoissa käytettävien valaisimien on täytettävä niille erikseen asetetut vaatimukset. Näitä on käsitelty muun muassa IEC 92-306:ssa /11/. Kyseinen standardi määrittelee muun muassa oikeantyyppiset lampunkannat. Kotelointiluokan on oltava IEC:n julkaisun 529 /14/ mukainen. Valaisimien on kestättävä tietyt lämpötilat ja lämpötilojen nousut. IEC 598-1 -standardi /12/ käsittelee valaisimia yleisellä tasolla. IEC 598-2-22 -standardi /25/ keskittyy merkki- ja turvavalaisimiin. Laivapuolella sovelletaan yleensä enemmän kansainvälisiä standardeja. Monet alukset liikkuvat kansainvälisessä liikenteessä, jolloin on tärkeää, että myös käytetyt standardit ovat kansainvälisesti tunnettuja. /35/



## 4 HÄTÄVALAISTUKSEN SUUNNITTELUSSA HUOMIOITAVIA ASIOITA

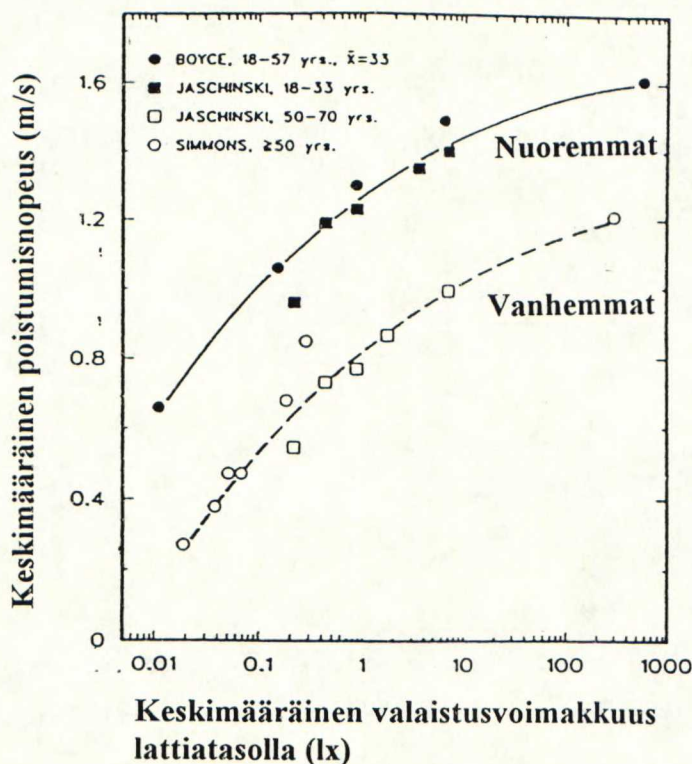
### 4.1 Yleistä

Hätävalaistuksen jakaantuminen matkustajalaivoissa on aiemmin esitetty kuvassa 2. Hätävalaistusta tarvitaan laivoissa mahdollisten normaali-jakeluverkon vikatilanteiden aikana. Savuisissa olosuhteissa hätävalaistus on toteutettava hyvin erilaisin perustein, kuin savuttomissa olosuhteissa. On tärkeää sovittaa yhteen eri tavat ja pyrkiä luomaan mahdollisimman turvallinen järjestelmä kaikki tilanteet huomioon ottaen. Seuraavassa käsitellään niitä asioita, jotka ovat tärkeitä hyvän hätävalaistuksen suunnittelulle yleensä. Koska hätävalaistus pitää sisällään savuhätävalaistuksen, monet asiat pätevät samalla tavalla myös tälle. Itse savuhätävalaistusjärjestelmiä käsitellään tarkemmin jäljempänä.

### 4.2 Valaistusvoimakkuus ja luminanssi

Jos tila on kalustettu tai muuten sekava, valaistusvoimakkuuden suurentaminen parantaa poistumisnopeutta. Tutkimusten mukaan poistumisaikaa voidaan pienentää nostamalla keskimääräistä valaistusvoimakkuutta poistumistiellä 0,5 lx:n yläpuolelle. Tällöin törmäilyjen määrä myös vähenee ja liikkumisen turvallisuus lisääntyy. /38/

Kuvan 3 perusteella normaaliolosuhteissa ylläpidettävän valaistusvoimakkuuden laskiessa 300 lx:n alapuolelle myös henkilöiden liikkumisnopeus alkaa pienetä oleellisesti. Nopeuksien aleneminen kasvaa valaistusvoimakkuuksien pienentyessä. Esimerkiksi valaistusvoimakkuuden laskiessa 200 lx:sta 0,2 lx:iin poistumisnopeus laskee nuorilla ihmisillä keskimäärin 30 %. /33/ Taulukon 2 mukaan poistumisnopeuksien ero nuorilla ja vanhoilla ihmisillä pysyy valaistusvoimakkuudesta riippumatta lähes vakiona. Se on kuitenkin suhteellisen suuri (n.0,4 m/s). IES:n mukaan minimi horisontaalivalaistusvoimakkuuden suositusarvo poistumistien lattiatason joka pisteessä on vähintään 1 lx:ia (0,5 lx:iin on lisätty varmuuskerroin). Valaistusvoimakkuuden tulisi hätätoiminnan alkaessa IES:n mukaan olla vähintään noin 10 lx:ia. /38/



**Kuva 3.** Keskimääräiset poistumisnopeudet kolmesta eri tutkimuksesta. Yhtenäinen käyrä vastaa nuoria alle 40 vuotiaita henkilöitä ja katkonainen yli 50 vuotiaita. /33/



**Taulukko 2.** Poistumisnopeudet eri valaistusvoimakkuusarvoilla (kuvasta 3).

Valaistusvoimakkuus [lx]	Poistumisnopeus [m/s]		
	nuoret	vanhat	ero
200	1,6	1,2	0,4
10	1,4	1,0	0,4
1	1,2	0,8	0,4
0,2	0,9	0,6	0,3

Taulukosta 2 nähdään, että pienten valaistusvoimakkuuksien kasvattaminen on merkityksellisintä poistumisnopeuksien kannalta. Esimerkiksi valaistusvoimakkuuden nostaminen 0,2 lx:sta 1 lx:iin lisää sekä nuorten, että vanhojen poistumisnopeutta lähestulkoon yhtä suuresti kuin jos valaistusvoimakkuutta nostetaan 10 lx:sta 200 lx:iin. Käytännössä hätävalaisimia ei kannata asentaa tiheään suurten valaistusvoimakkuuksien aikaansaamiseksi, koska saavutettava hyöty jää pieneksi. 1 lx:lla saavutetaan jo riittävän hyvät olosuhteet poistumisen kannalta.

Valonjakokäyrät ovat apuna asennussuunnitelmia tehtäessä. Niitä käyttämällä nähdään, kuinka etäälle valaisimet voidaan toisistaan asentaa valaistusvoimakkuuksien pysyessä vielä suositusten rajoissa. /38/

Luminanssiarvoilla voidaan arvioida valonlähteen näkyvyyttä savuisessa tilassa. Mitä suurempi valonlähteen luminanssi on, sitä "kirkaammin" se näkyy pimeässä. Edellinen väittämä on voimassa etenkin, jos tilassa ei ole lainkaan savua tai savua on hyvin vähän. /23,38/.

#### 4.3 Valaistusvoimakkuuden tasaisuus

Suuret erot tilan valaistusvoimakkuuksissa saattavat hidastaa liikkumista ja lisätä varjonmuodostusta alueella. Tilan keskimääräisen valaistusvoimakkuuden suhteen pienimpään esiintyvään valaistusvoimakkuuteen ( $E_{kesk} / E_{min}$ ) ei suositella ylittävän arvoa 40:1 /38/. Valaistusvoimakkuuksien suhteella 10:1 saavutetaan hyvä tasaisuus turvallista liikkumista ajatellen. Valaistusvoimakkuuden tasaisuus saadaan helpommin aikaan monella heikkotehoisella valonlähteellä, kuin asentamalla suuritehoisia harvaksen. Myös valaisimien sijainti vaikuttaa tasaisuuteen. Sijoittamalla hätävalaistuksen valonlähteet etäisyydeltään ja tiheydeltään sopivasti voidaan valaistustulokseen vaikuttaa merkittävästi. /28,38/

#### 4.4 Häikäisy

Jotkut valonlähteet saattavat väärin suunnattuina aiheuttaa IES:n mukaan estohäikäisyä, ja siten huonontaa havaitsijan näkötehokkuutta. Muiden häikäisymuotojen (esim. kiusahäikäisy) haittavaikutukset eivät IES:n mukaan ole oleellisia /38/. Estohäikäisyssä näkeminen heikentyy, kun silmän verkkokalvolla olevan kuvan päälle syntyvä harsoluminanssi pienentää kuvan kontrasteja. Harsoluminanssi nostaa myös haitallisesti silmän sopeutumistasoa. Häikäisylähde sopeuttaa silmää korkeampaan luminanssitasoon, kuin näkökohteen luminanssi edellyttäisi. Tämän seurauksena näkökohteessa tarvitaan suurempi luminanssiero yksityiskohtien havaitsemiseksi. Häikäisyn suuruuteen vaikuttaa häikäisylähteen valovoiman suuruus ja sen sijainti näkökentässä. Estohäikäisyä on havaittavissa, kun valonlähteen tuottama luminanssi ylittää 200-300 cd/m<sup>2</sup>. Häikäisyä voidaan vähentää pitämällä luminanssiarvot sopivina ja valitsemalla sopivat valonjakokäyrät omaavat valonlähteet. Myös suoran häikäisyn minimoiminen katsesuunnassa on olennaista. Sijoittamalla ja suuntaamalla valonlähteet, siten että ne lähettävät valonsa oikeaan suuntaan kulkijaa nähden, päästään parhaaseen tulokseen häikäisyn kannalta. /10,38/



#### 4.5 Varjonmuodostus

Jos esimerkiksi portaikot on heikosti valaistu, saattaa toisen henkilön varjo heikentää toisen turvallista liikkumista. Parhaaseen tulokseen päästäisiin, mikäli jokaista askelmaa valaistaisiin omalla valonlähteellään. Käytettäessä tehokkaita merkki- tai turvavalaisimia, voidaan nämä sijoittaa ylimmän ja alimman askelman kohdalle erottamaan kyseiset askelmat muista askelmista. Jos valonlähteet on sijoitettu väärin suurissa tiloissa, voi tilassa olevat kalusteet ym. muodostaa varjoja poistumistielle. Onkin kiinnitettävä huomiota siihen, että hätävalaistuksen valonlähteet on siten asennettu, että ne mahdollisimman hyvin valaisevat poistumistietä. /38/

#### 4.6 Valaistuksen toiminta-aika

Poistumisaika tietystä tilasta riippuu tilan koosta ja sen muodosta. On tärkeää, että hätävalaistus toimii ainakin sen ajan kuin henkilöitä, liikuntarajoitteiset mukaan lukien, vielä poistuu tilasta. Laivoissa IMO:n SOLAS-säännöt ovat perustana toiminta-ajan pituudelle. Minimi toiminta-aika riippuu määräysten mukaisesti siitä, onko kyseessä matkustaja- tai ro-ro-tyyppinen alus. Matkustaja-aluksissa hätävalaistuksen tulee toimia hätägeneraattorin syöttämänä vähintään 36 tuntia. Savuhätävalaistuksen on toimittava aktivoituttuaan vähintään tunnin ajan. /18,22,38/

Joidenkin hätävalaistusjärjestelmien valaistustaso laskee toimintansa aikana. Tällaisia ovat esimerkiksi jälkivalaisevat- ja EL-järjestelmät (elektroluminesenssi). On huolehdittava siitä, että valaistusvoimakkuus hätävalaistuksen toiminta-aikana ei putoa alle 60 %:n alkuarvostaan. Tämä on tärkeää, jotta poistumistiellä pysyisi riittävän turvalliset olosuhteet poistumisen joka hetkellä. /38/

#### 4.7 Poistumistien valaiseminen ja merkitseminen

Poistumistielle on säännöissä asetettu tarkat ja tiukat vaatimukset. Laivoissa SOLAS-sääntö II-2/28 /22/ luo perustan huomioitaville asioille. Seuraavassa käsitellään yleisemmällä tasolla, mitä asioita on syytä huomioida poistumistien merkitsemisessä sekä valaisemisessa.

Poistumistievalaistuksessa valonlähteet pyritään asentamaan siten, että poistumistie erottuu muusta ympäristöstään. Poistumistien varrella voi olla useita vaaraa aiheuttavia alueita tai tekijöitä, jotka voivat hidastaa liikkumista oleellisesti. Näitä ovat esimerkiksi /38/:

- käytävien risteykset
- poistumistien jyrkät mutkat
- portaikot ja lattiatasojen korkeuserot
- poistumisovet ja niiden läheisyydessä olevat alueet
- muut esteet poistumistien varrella

Riittävät valaistusvoimakkuudet eivät itsessään varmista, että kaikki esteet poistumistiellä ovat havaittavissa. Poistumistien merkitsemisessä on enemmän kiinnitettävä huomiota siihen, että merkintöjen avulla päästään tilasta nopeasti ulos. Esteen näkyvyys on riippuvainen sen kontrastista taustaansa. Onkin tärkeää, että kaikki esteet tunnistetaan ja valaistaan tai merkitään hyvin, jotta kontrasti saataisiin mahdollisimman suureksi. Erityisen tärkeää on pystysuorien pintojen merkitseminen, jolla autetaan henkilöitä tunnistamaan esteet ja muut vaarat paremmin ja lisäämään heidän poistumisnopeuttaan. Jälkivalaisevat merkinnät voivat olla avuksi pystysuorien pintojen erottamiselle. Esimerkiksi kulmat ja ovien karmit voidaan merkitä jälkivalaisevilla teipeillä. Näitä on kuitenkin muistettava varata riittävällä valaistuksella. /38/

Käytävien risteykset ovat usein kriittisiä kohtia poistumistien merkitsemisessä ja valaisemisessa. Kriittisiä ne ovat sen takia, koska siellä henkilön on pystyttävä valitsemaan oikea suunta törmäilemättä kulmiin ja seiniin. Risteyksissä on hyvä ilmoittaa, vaikka säännöt eivät sitä vaadi,



etäisyys lähimmälle poistumisovelle, jolloin hätätilanteessa henkilö pääsisi tilasta mahdollisimman nopeasti ulos. Ensisijainen suunta voidaan ilmoittaa yhtenäisellä nuolella ja toissijainen suunta katkonaisella /8/. Tällaisia suuntaa ja etäisyyttä ilmoittavia valaisimia ja merkintöjä onkin tarjolla eräissä savuhätävalaistusjärjestelmissä.

Poistumistiellä voi olla odottamattomia mutkia ja suunnanmuutoksia. Jos käytävä esimerkisi kääntyy 90° voisi ajatella tästä ilmoitettavan valaisevilla tai jälkivalaisevilla nuolimerkinnöillä. Kyseisten alueiden valaistukseen on kiinnitettävä erityistä huomiota, jotta ne eivät muodostuisi "pullonkaulaksi" pakenemisessa. Savuhätävalaistuksessa pyritään poistumistien suunta pitämään yhtenäisesti selkeänä suunnanmuutoksista riippumatta.

Poistumistien portaiden valaistuksessa on kiinnitettävä huomiota siihen, että jokainen askelma erottuu muista. Portaikot on syytä valaista koko leveydeltään, jotta niissä liikkuminen olisi mahdollisimman turvallista ja ne olisivat koko alaltaan käytettävissä. Lattian taso voi korkeudeltaan vaihdella muuallakin, kuin porraskäytävillä. Tällaiset alueet pitää myös valaista hyvin. /38/

Poistumisovet ja niiden läheisyydessä olevat alueet ovat tärkeä osa hätävalaistusta. Jokainen poistumistien varrella oleva poistumisovi tulisi merkitä, ja valaistuksen oven läheisyydessä tulisi olla riittävä, jotta pakeneva henkilö löytäisi perille ja voisi avata oven mahdollisimman nopeasti. Korostettaessa poistumisovia valaistuksella on kuitenkin muistettava, ettei muita ovia valaista tai merkitä samalla tavalla, jotta välttyttäisiin turhilta sekaannuksilta. /8,38/

Poistumisovet voidaan merkitä niiden yläpuolelle sijoitetuilla vihreillä merkkiyvalaisimilla, joissa voi olla poistumisovea ilmaiseva tunnus (esim. EXIT-sana). Merkintä olisi nykyisen käsityksen mukaan hyvä sijoittaa myös lattianrajaan, jotta ovi olisi löydettävissä myös savussa. Poistumisovien merkinnöissä on huomioitava myös kahvan erottaminen.

Laivoissa erityisesti palo- ja vesitiiviit ovet on syytä merkitä huolellisesti. Hätätilanteessa nämä yleensä sulkeutuvat ja niiden avaaminen on hankalaa pimeässä. Ovien avaamistapa ei ole välttämättä selvää kaikille, joten oven viereen on sääntöjen /22/ mukaan laitettava ohje, jossa selkeästi opastetaan, miten ovi avataan. /38/

Poistumistiellä voi olla myös muita esteitä, esimerkiksi siivouskärryt, jotka pimeässä tai savussa saattavat olla vaarana kulkijalle. On kiinnitettävä huomiota siihen, että poistumistien joka kohdassa on riittävä valaistus, eli valaistusarvot eivät ajatuksena missään saa alittaa suositeltuja. /38/

#### **4.8 Palosammutusvälineiden valaiseminen ja merkitseminen**

Palosammutusvälineet on oltava paikallistettavissa myös pimeässä. Näin ollen täytyy järjestää sopiva valaistus tai merkintä niiden paikallistamiseksi. Palosammutusvälineet voidaan merkitä hyvin myös jälkivalaisevilla merkeillä. Merkinnöissä käytetään punertavaa väriä, jotta välineet erottuisivat ja tunnistettaisiin juuri palosammutusvälineiksi. Merkintöjen on oltava standardien mukaisia, jotta jokainen pystyisi ne tunnistamaan. IMO on laatinut oman symboliluettelonsa /19/, josta selviää mm. merkintöjen oikeat värit. /18,38/

#### **4.9 Hätävalaistuksen kytkeytyminen**

Laivan hyttikäytävät ovat yleensä täysin päivänvalon saavuttamattomissa, joten on tärkeää, että hätävalaistus kytkeytyy päälle mahdollisimman nopeasti, jotta tilasta voitaisiin poistua ajoissa. Laivoissa hätägeneraattorin käynnistäminen vie oman aikansa. SOLAS-sääntöjen /22/ mukaan käynnistykseen saa kulua korkeintaan 45 s. Mikäli hätägeneraattori ei käynnisty, hätävalaistus saa syöttönsä keskusakuston kautta. /22/



Väliin jäävä pimeä aika ei saa olla liian pitkä. Toisaalta on tutkittu, että jos pimeä aika on viiden sekunnin luokkaa, sillä voi olla myönteinen merkitys poistumisen onnistumisen kannalta. Silmän sopeutuminen uuteen luminanssitasoon vie oman aikansa ja altistamalla se lyhyen aikaa täysin pimeään, voidaan sopeutumista nopeuttaa. Viiden sekunnin pimeä aika helpottaa myöhemmin liikkumista lähinnä törmäilyjen vähetessä. /2/ Esimerkiksi BS 5266 -standardissa /3/ vaaditaan viiden sekunnin pimeän ajan normaali- ja hätävalaistuksen väliin valaistusvoimakkuuden ollessa poistumistiellä 0,2 lx.

#### 4.10 Arkkitehtooniset näkökohdat

Turvallisuutta lisäävät merkinnät eivät ole välttämättä aina kauniin näköisiä. Etenkin laivan arkkitehdilla saattaisi joissakin yhteyksissä olla jotain käytettäviä merkintöjä vastaan. Hätävalaistusjärjestelmien valonlähteiden ja kaikkien merkintöjen on oltava havaittavia ja selkeitä, jolloin niitä ei saa piilottaa. Merkeille ja merkinnöille on yleensä säännöissä määritelty tarkat sijainnit ja muodot, joten niiden sijaintiin ja ulkonäköön ei voi paljon vaikuttaa. Arkkitehtooniset seikat on syytä kuitenkin huomioida niin pitkälle kuin se on sääntöjen puitteissa mahdollista. Savuhätävalaistusjärjestelmien komponenttien ulkonäköön voidaan vaikuttaa jonkin verran, koska järjestelmätyyppit poikkeavat ulkonäöltään toisistaan. Onkin suositeltavaa, että ne sopivat ulkonäöllisesti hyvin muuhun ympäristöönsä. Esimerkiksi järjestelmissä käytettävien profiilien väri voi olla sävyltään muun sisustuksen kaltainen.

#### 4.11 Merkkivalaistus ja jälkivalaisevat merkinnät

Hätävalaistuksessa käytettäviä merkki- ja turvavalaisimia voidaan käyttää sellaisenaan savuhätävalaistuksessa kunhan ne sijoitetaan riittävän lähelle toisiaan. IEC 598-2-22 -standardissa /13/ on tarkoin määritelty tavanomaisia merkki- ja turvalaisimia koskevat säännöt. Tässä yhteydessä tarkastellaan lähinnä yleisesti niitä asioita, jotka vaikuttavat merkinnän näkyvyyteen.

Standardit määräävät merkeissä ja merkinnöissä käytettävien kuvien ja kirjainten muodot ja koot. Pohjois-Amerikassa toimivat standardisointijärjestöt NFPA (National Fire Protection Association) /30/ ja UL (Underwriters Laboratories) esimerkiksi määrittelevät poistumiskilvessä olevien EXIT-sanan kirjainten koot seuraavasti /2,30,49/:

- kirjainten paksuus vähintään 19 mm.
- kirjainten korkeus vähintään 152 mm.
- kirjainten leveys vähintään 50 mm, paitsi I-kirjain, jonka leveys oltava vähintään 19 mm.
- kirjainten välinen etäisyys vähintään 10 mm.

Tekstin näkyvyys savussa riippuu savun tiheydestä ja siitä, kuinka tasaisesti kirjaimet on valaistu. On selvää, että kirjainten ollessa suurempia niiden havaittavuus paranee, ja merkkien tunnistaminen helpottuu näin ollen pidemmällä katsomisetaisyyksillä /37/. Standardeissa SFS-ISO 3864 /41/ ja SFS 4148 /43/ on määräyksiä kilpien väreille ja muodoille. Näissä on myös määritelty jokaiselle tuttu juoksevan ukon kuva. Kyseinen kuva esiintyy myös uudessa IMO:n symboliluettelossa /8/. On erittäin tärkeää, että kuvat ovat selkeitä jokaiselle, etenkin, kun merkit tulevat kansainvälisessä liikenteessä oleviin aluksiin.

Mitä kauempaa henkilö katsoo merkkivalaisinta tai jälkivalaisevaa merkintää, sitä heikommin hän sen näkee. Nykyään merkkivalaismien välinen etäisyys IES:n mukaan saa korkeintaan olla noin 30 m /38/. Tämä koskee tietysti ainoastaan tavanomaista hätävalaistusta. Savussahan merkkivalaisimien näkyvyys on pienempi. Katsomisetaisyydelle on suomalaisessa merkki- ja turvavalauksen asennusohjeissa /28/ annettu riippuvuus poistumisopasteen korkeudesta kuvan 4 mukaisesti.





$$h = 0,005 \cdot d$$

**Kuva 4.** Poistumisopasteen korkeuden (h) ja katsomisetäisyyden (d) välinen riippuvuus. /28/

Savussa tilasta pakenevat henkilöt hakeutuvat lattianrajaan puhtaan ilman perään, jolloin matalalle sijoitetut opasteet ovat etäisyydeltään lähellä. Savuhätävalaistuksessa tarkoituksena on opastaa henkilöt poistumisoville lattianrajassa olevien valonlähteiden ja merkintöjen avulla, joten ei ole niin tärkeää, että oven luona oleva merkintä näkyisi kauas (esim. 30 m:n etäisyydelle). Tärkeää sen sijaan on, että merkintä lyhyellä katsomisetäisyydellä erottuu selvästi tiheänkin savun läpi. /23/

Normaaleilla merkkivalaisimilla ja poistumisopasteilla on samankaltaiset luminanssivaatimukset, olivatpa ne ulkoisesti tai sisäisesti valaistuja. IEC 598-2-22 /13/ määrittelee merkin luminanssille minimiarvon 15 cd/m<sup>2</sup> ja maksimiarvon 300 cd/m<sup>2</sup>.

Tutkimuksissa on selvinnyt, että periaatteessa merkkien luminanssin kasvaessa myös niiden näkyvyys paranee. Tämä pätee ainoastaan pienillä savuntiheyksillä. Yläraja luminanssilla pidetään lähinnä sen takia, ettei valo häikäisisi normaaliolosuhteissa. Hyvä tapa tietenkin olisi pitää merkin luminanssi suhteellisen pienenä normaaliolosuhteissa ja kasvattaa sitä savun ilmaannuttua. /4,32/

Jälkivalaiseville materiaaleille sallitaan pienempiä luminanssiarvoja merkkivalaisimiin verrattuna. Valaisimien osalta puhutaan luminansseista, jotka ylittävät 100 cd/m<sup>2</sup>. Jälkivalaisevien materiaalien luminanssit ovat mcd/m<sup>2</sup>:n luokkaa. Itse asiassa jälkivalaisevat materiaalit eivät tällä hetkellä pysty parempia arvoja tuottamaan käytettyjen materiaalien vuoksi, mutta kehitys on ollut nopeaa ja tulevaisuudessa jälkivalaisevien materiaalien luminanssiarvot kohonevat. /6,18/

NFPA 101- standardi /29/ määrittelee, että merkkivalaisimen kontrastiarvon on vähintään oltava 0.5, jotta merkintä olisi tarpeeksi erottuva taustastaan. Kontrasti paranee lähestyttäessä arvoa yksi. Sen merkitys on etenkin savussa olennainen, koska esimerkiksi merkkivalaisimissa olevat kuviot ja sanat erottuvat tällöin paremmin. Eri väriyhdistelmiä käyttämällä voidaan myös vaikuttaa kontrastin suuruuteen. /37,38/

Merkintöjen värit vaikuttavat myös niiden näkyvyyteen. Toiset värit erottuvat taustastaan paremmin kuin toiset ja on olemassa väriyhdistelmiä, jotka keskenään erottuvat paremmin kuin jotkut toiset, koska ne aikaansaavat paremman kontrastin. Mustat kirjaimet vihreällä taustalla on tutkimusten mukaan /37/ todettu hyväksi väriyhdistelmäksi. /37,38,41/

Merkkivalaisimissa käytetyt värit heikentävät valaisimen luminanssia. Tämä ei kuitenkaan välttämättä ole huono asia, sillä käyttämällä merkkivalaisimissa ja poistumisopasteissa värejä ne saadaan erottumaan muista valaisimista. Liian "kirkas" valaisin läheltä katsottuna saattaisi myös aiheuttaa haitallista häikäisyä, joten värien käyttäminen on perusteltua /37,38/. Ihmisillä on myös ennakkoluuloja eri värien merkityksistä. Tämän vuoksi hätävalaistuksen merkkivalaisimissa ja poistumisopasteissa käytetään vihreää väriä. Palosammutusvälineiden merkitsemisessä käytetään perinteisesti punaista väriä, koska suurin osa ihmisistä assosioi tällöin oikean yhteyden. Väreillä voi olla monta nyanssia. Tämän vuoksi on käytettävä standardeissa määriteltyjä värejä. /8,37,38/

Merkit, joissa kirjaimet on valaistu ja tausta läpinäkyvä, on tutkimusten mukaan todettu paremmiksi sekä normaali-, että savuisissa olosuhteissa. Merkkivalaisimen pinnan valaistusvoimakkuuden tasaisuutta ei ole tutkittu tarpeeksi, jotta suoranaisia vaatimuksia merkin ja taustan luminanssisuhteille voitaisiin tehdä. Luminanssisuhteille suositellaan arvoja aina 3:1 :stä aina 10:1:een. Suuremmilla luminanssivariaatioilla merkin kirjainten luettavuus kärsii oleellisesti. /37,38/



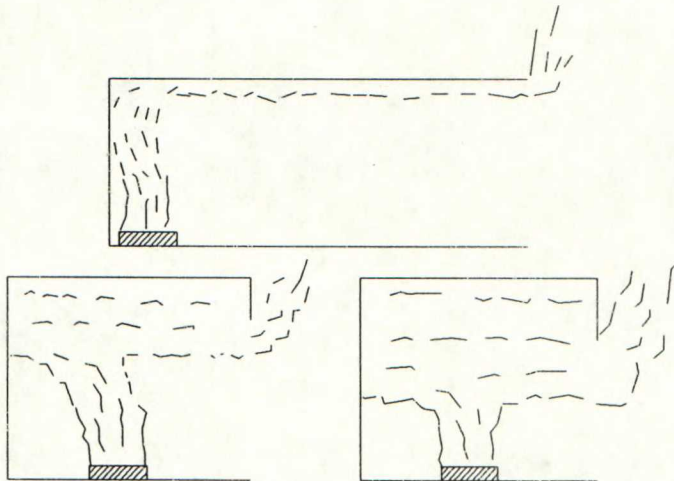
#### 4.12 Havaitsejan ominaisuudet

Hätävalaistusta suunniteltaessa tulisi huomioida, että aina tilassa saattaa liikkua esimerkiksi näkövammaisia, sokeita, vanhuksia tai esimerkiksi liikuntarajoitteisia. 8-10 % väestöstä on värisokeita, mikä saattaa heikentää merkintöjen ja opasteiden tunnistamista. Liikuntarajoitteisten kyvyttömyys liikkua nopeasti johtaa heidän osaltaan pidempiin poistumisaikoihin. Valaistuksen on toimittava ainakin sen ajan kuin henkilöitä vielä on tilassa. Sokeat pystyvät liikkumaan esimerkiksi hyttikäytävillä erilaisten muotoiltujen kaiteiden avulla. Kaiteet nostavat valitettavasti kustannuksia, ja koska niitä ei ainakaan savuhätävalaistussäännöissä ja -ohjeissa vaadita, niitä ei välttämättä käytetä. Ajatus on kuitenkin hyvä ja tällaiset järjestelmät on tutkimuksissa todettu tehokkaiksi. /23/

Henkilöiden käyttäytyminen hätätilanteissa vaihtelee suuresti. BRE:n (Building Research Establishment) mukaan tulipalotilanteessa ainoastaan 25 % onnettomuudessa olevista käyttäytyvät ja toimivat järkevästi auttaen myös muita, 60 % hädässä olevista odottaa muilta apua ja aloitetta sekä 15 % lamautuu kokonaan. /1/

#### 4.13 Palon kehittyminen huonetilassa

Palon alkuvaiheita voidaan tarkastella kuvan 5 /34/ avulla. Lähellä lattiaa syttynyt palo työntää kuumia palokaasuja ylöspäin. Kun huoneen katossa tai seinien yläosassa ei ole aukkoja, muodostuu katonrajaan kuuma kerros, jossa lämpötila ja savuntiheys ovat lähes vakioita. Alapuolella olevassa kylmässä kerroksessa sen sijaan säilyvät lähes normaaliolosuhteet (hyvä näkyvyys ja matala lämpötila). Aukkojen koko vaikuttaa siihen, kuinka alas savukerros laskeutuu. Kuuma savupatja aiheuttaa huoneen yläosaan ylipaineen, joka työntää savua pois aukkojen kautta. Paloa ylläpitävä luonnollinen ilmankierto syntyy, kun vastaava määrä kylmää ilmaa virtaa alakautta takaisin huoneeseen. Rajoitetussa tilassa palavan materiaalin palamisnopeus moninkertaistuu katon vaikutuksesta. Koska tulipalo kehittyy nopeasti, on tärkeää, että tilasta voidaan poistua nopeasti. /34/



**Kuva 5.** Kuuman kaasukerroksen muodostuminen käytävän yläosaan palo alkuvaiheessa. Kuvassa a) on käytävä, jonka toinen pää on auki. Kuvassa b) on huone, jonka oviaukko on suuri ja kuvassa c) huone, jossa on kapea oviaukko. Mitä pienempi oviaukko on, sitä alemmas palokaasut tunkeutuvat huonetilassa. /34/

Laivoissa hyttikäytävät ovat kriittisimpiä palon kehittymisnopeuden kannalta. Näissä katto on suhteellisen alhaalla (n. 2,5 m) ja poistumisovien muodostamat aukot pieniä. Lisäksi palokuorma on usein suuri.

#### 4.14 Savu

Savussa tavanomainen hätävalaistus ei toimi välttämättä halutulla tavalla. Näkyvyys heikkenee oleellisesti tiheässä savussa, ja samalla esiintyvä häikäisy muodostaa vaarallisen uhkatekijän turvallisuudelle. Kattoon tai katonrajaan asennettu valaistus saattaa olla jopa haitaksi ovien luona olevien poistumisopasteiden havaitsemiselle, koska se hajaantuu aiheuttaen samankaltaisen ilmiön, kuin ajettaessa autolla sumussa pitkällä valoilla. /36/

Koska käytävillä kuuma savu pyrkii nousemaan ylös jättäen lattianrajaan näkyvän, savuttoman tilan, on järkevää sijoittaa valonlähteet lähelle lattiaa, jossa ne ovat näkyvällä paikalla. Tämähän on savuhätävalaistuksen pääperiaatteita. Periaatteessa lattianrajan olosuhteet voivat pysyä likimain normaaleina, vaikka hyttikäytävän yläosissa ne olisivat sietämättömät. Savun koostumus ja laatu on erilainen palavasta materiaalista riippuen. Lisäksi savun ominaisuudet riippuvat siitä, miten materiaali palaa. Savun ominaisuudet vaihtelevat savun lämpötilan, värin, muodostumisnopeuden, hiukkaskoon ja optisen savuntiheyden funktiona. /34,38/

Savun optista tiheyttä on tapana mitata sen aiheuttaman valon vaimennuksen avulla. Esimerkiksi eurooppalaisissa savuilmastainstandardeissa /44/ käytetään optiselle savuntiheydelle määritelmää /44/:

$$m = \frac{10}{d} * \log\left(\frac{I_0}{I}\right) \quad (1)$$

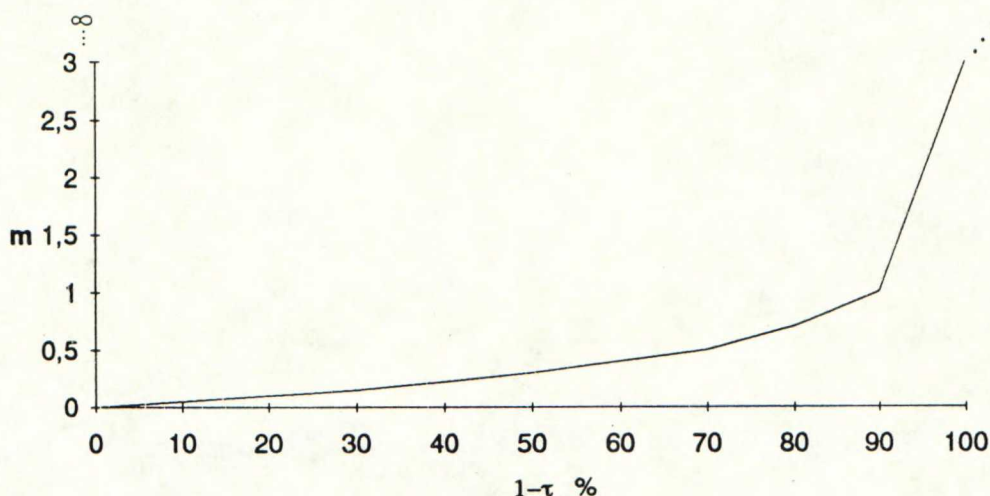
jossa  $m$  = optinen savuntiheys [1/m]  
 $d$  = havaitsijan ja valonlähteen välinen etäisyys [m]  
 $I_0$  = valonlähteen valovoima savuttomassa tilassa [cd]  
 $I$  = valovoima savussa [cd]

Usein savuntiheyttä arvioitaessa puhutaan siitä, kuinka paljon valosta pääsee savun läpi, eli valon läpäisykertoimesta savussa. Tätä kuvaamaan käytetään kreikkalaista aakkosta  $\tau$ . Valon läpäisykerroin savussa metriä kohden saadaan optisesta savuntiheydestä  $m$  yhtälöstä 2 /23/:

$$\tau = \frac{1}{10^m} \quad (2)$$

jossa  $\tau$  = valon läpäisykerroin savussa metriä kohden [1/m]  
 $m$  = optinen savuntiheys [1/m]





**Kuva 6.** Optisen savuntiheyden  $m$  ja valon läpäisykertoimen savussa  $\tau$  välinen riippuvuus yhtälön 2 mukaan /23/. Huomaa, että x-akselin arvot ilmaisevat prosentuaalisesti, kuinka paljon valosta ei pääse savun läpi.

Tilastollisesti tulipalossa savusta selvitneet henkilöt ovat liikkuneet keskimäärin 9,1 m. Ainoastaan 10 % edellisistä ovat edenneet enemmän kuin 16 metriä /23/. Ihminen pystyy olemaan hengittämättä korkeintaan muutaman minuutin, joten poistumisen on voitava tapahtua nopeasti. Tämä asettaa suuret vaatimukset poistumistiejärjestelmälle.

Savun muodostumisnopeus tietyssä tilassa riippuu mm. tilan koosta ja siellä olevasta palokuormasta. Esimerkiksi laivojen hyttikäytävillä se on suurempi kuin laivan suuressa ruokasalissa. On tärkeää, että lattianrajaisia merkintöjä ja valaistusta suunniteltaessa otetaan huomioon, että merkinnät ja valaistus asennetaan juuri niihin tiloihin, joissa ne ovat tarpeellisimmillaan.

Tiheässä savussa on tärkeämpää, että valonlähteet sijaitsevat mahdollisimman lähellä havaitsijaa kuin se, että niillä on suuret luminanssiarvot. Tämä johtuu siitä, että suurilla savuntiheyksillä, kun  $m > 1,0$  ( $\tau < 0,1$ ) valonlähteen näkyvyys savun läpi on olematon luminanssista riippumatta. /23/

#### 4.15 Yhteenveto

Tässä kohdassa käsiteltiin yleisiä hätävalaistuksessa huomioitavia asioita, jotka ovat tärkeitä myös savuhätävalaistuksen kannalta. Toisin kuin muissa hätävalaistusmuodoissa savuhätävalaistuksessa otetaan huomioon myös savun vaikutukset. Tulipalo savuineen tuokin aivan toisenlaisen lähestymistavan hätävalaistus- ja poistumistiesuunnitteluun. On tärkeää, että poistumistie erotetaan muista teistä selkeällä tavalla, jotta edellytykset tilasta poistumiselle olisivat mahdollisimman hyvät.

Savuhätävalaistus poikkeaa tavanomaisesta hätävalaistuksesta ajatukseltaan lähinnä siten, että suurten valaistusvoimakkuuksien ja luminanssien sijasta painoarvo kohdistetaan siihen, että opastava merkintä, olipa se sähköinen tai jälkivalaiseva, on aina riittävän lähellä, kun tilassa näkyvyys katoaa olemattomiin savun vuoksi.



## 5 LAIVOJEN HÄTÄVALAISTUSTA KOSKEVIA SÄÄNTÖJÄ JA OHJEITA

### 5.1 Yleistä

Laivojen hätävalaistusta ohjaavat erinäiset kansainväliset ja kansalliset säännöt ja standardit. IMO on SOLAS-säännöillään luonut yleiset vaatimukset laivoissa käytettävälle ja toteutettavalle hätä-, lisähätä- ja savuhätävalaistukselle. IMO:n säännöt muuttuvat, ja lisäyksiä tehdään aika ajoin. Uudet muutokset esitetään liitteinä, ja esimerkiksi savuhätävalaistusta koskevia sääntöjä ei tällä hetkellä löydy varsinaisesta SOLAS-kirjasta /22/.

Johtavissa merenkulkumaissa olevat luokituslaitokset toimivat yhteistyössä sääntöjä kehiteltäessä. Tästä johtuen eri luokituslaitosten säännöt ovat hyvin samankaltaisia keskenään. Hätävalaistuksen osalta luokituslaitokset toistavat SOLAS-sääntöjä miltei sellaisenaan, joten yleiset säännöt ovat selkeät. Savuhätävalaistuksen osalta luokituslaitoksilla ei vielä tällä hetkellä ole omia tulkintaversioitaan, mutta niitä ollaan valmistelemassa. /8/

Kansalliset viranomaiset, Suomessa MKH (Merenkukkuhallitus), voivat vielä tarkentaa sääntöjä. Periaate kuitenkin on, ettei säännöissä mennä väljempään suuntaan vaan tiukennetaan niitä, jos niin katsotaan tarpeelliseksi. Eri valtioiden viranomaisilla voi olla hyvinkin erilaiset näkemykset sääntöjen soveltamisesta. Esimerkiksi savuhätävalaistuksen tulkinnat tulevat näillä näkymin poikkeamaan hyvinkin paljon tulkintaerojen vuoksi -norjalaisten tulkinnat näyttävät muodostuvan tiukoiksi. /18,31/

Hätävalaistuksella on myös standardivaatimuksensa. Kansallisella tasolla esimerkiksi Yhdysvalloissa merellä käytettävät kaupalliset valaisimet testataan UL:n (Underwriters Laboratories) toimesta. Kanadassa CSA (Canadian Standards Association) toimii vastaavana tahona /2/. IEC (International Electrotechnical Commission) laatii kansainväliset ja näin ollen yleisemmät vaatimukset. Hätävalaistuksen osalta näitä standardeja on periaatteessa aina noudatettava. Savuhätävalaistuksessa on sovellettava tällä hetkellä kansallisia standardeja niin kauan kunnes kansainvälinen standardi kehitetään /18/. Suomessa VTT:n palotekniikan laboratorio on kehittämässä menetelmän savuhätävalaistusjärjestelmien testaamiseksi savuisissa olosuhteissa

### 5.2 Pakotietä koskeva sääntö

IMO:n julkaiseman SOLAS yleissopimuksen säännön II-2/28 /22/ mukaan matkustajien ja miehistön tiloista on oltava pakotie pelastusveneille ja kokoontumisasemille. Laipiokannen alapuolella on vesitiiviistä osastosta tai samanlaiselta suljetulta alueelta oltava vähintään kaksi pakotietä, joista toisen on oltava riippumaton vesitiiviistä ovista. Yksikin pakotie on sääntöjen puitteissa mahdollinen, mikäli tila tai tilojen luonne ja sijainti sekä siellä olevien henkilöiden lukumäärä katsotaan sopivaksi. /22/

Laipiokannen yläpuolella on oltava vähintään kaksi pakotietä jokaiselta pääpalovyöhykkeeltä tai sitä vastaavalta alueelta (alueilta), joista toisen on suoraan johdettava portaikkoon. Ainakin toisen edellä mainituista pakoteistä on kuljettava tulelta suojatun portaikon kautta. Kyseisten portaikkojen leveys sekä lukumäärä on oltava säännössä annettujen ohjeiden mukaisia. Portaikot, jotka johtavat esimerkiksi parvekkeelle, eivät saa muodostaa osaa pakotiestä. /22/

MSC.27(61) mukaan /17/ ainoastaan yhden pakotien omaavat käytävät, eteishallit jne. kielletään kokonaan. Myöskään hissit eivät säännön mukaan saa olla osana pakotietä. Konetilojen pakoteille on omat sääntönsä, joihin tässä ei puututa, koska savuhätävalaistus ei kata kyseisiä tiloja. Uusien laivojen savuhätävalaistussääntö on esitetty säännön II-2/28, kohdassa 1.10. Tätä käsitellään jäljempänä tarkemmin.



## 5.3 Hätävalaistussääntöjä

### 5.3.1 Yleistä

SOLAS yleissopimuksessa on sääntöjä myös hätävalaistukselle ja siihen liittyville asioille. SOLAS-säännössä II-1/42-43 /22/ on tarkemmat yleisohjeet laivoissa käytettävälle varavaimalle. Hätävalaistusta käsitellään myös säännössä III/11.5. Luokituslaitosten säännöt ovat hätävalaistuksen osalta käytännössä kopioita SOLAS-tekstistä. /5,22,25/

SOLAS-sääntöjen englanninkielinen teksti on hyvin täsmällistä ja sen vuoksi suomennettaessa sitä suoraan saattaisi syntyä vääriä tulkintoja. Sääntöjen tarkka suomentaminen tässä yhteydessä ei sitäpaitsi ole työn kannaltakaan oleellista. Seuraavassa on sen vuoksi vapaasti suomennettuna käyty läpi ainoastaan sääntöjen pääperiaatteet, ja niistäkin oleellisimmat, jotta lukijalle välittyisi edes jonkinlainen kuva siitä, mitä määräykset vaativat hätävalaistukselta.

### 5.3.2 SOLAS-sääntö II-1/41, 2.1 (normaalin- ja hätävalaistuksen kytkeminen)

Normaalivalaistuksen, joka valaisee kaikki ne tilat, joissa liikkuu tai saattaa liikkua matkustajia tai miehistön jäseniä, on oltava kytkettynä normaaliverkon kautta päägeneraattoriin. Tulipalo tai muu häiriö normaalivalaistuksen verkossa ei saa aiheuttaa toimintahäiriötä hätävalaistuksen verkossa. Sama pätee myös toisinpäin. /22/

### 5.3.3 SOLAS-sääntö II-1/42 (matkustajalaivojen varavoimanlähde, hätävalaistus)

Matkustajalaivoissa täytyy olla erillinen varavoimanlähde Varavoimanlähde, keskusakusto, hätäjakelutaulu (ES3) on sijoitettava ylimmän jatkuvan kannen yläpuolella, ei kuitenkaan törmäyslaipion etupuolella. Laitteille on oltava vapaa luoksepääsy ulkokannelta. Varavoimanlähteen ja siihen liittyvien laitteistojen on sijoitettava tulelta suojatussa tilassa. /22/

Hätägeneraattoria saa poikkeuksellisesti käyttää muuhun kuin hätäverkon syöttämiseen sillä ehdolla, että mittauksien avulla osoitetaan järjestelmän toimivuus kaikissa olosuhteissa. Saatavissa olevan sähköisen tehon on riitettävä kaikille toiminnoille, jotka ovat välttämättömiä turvallisuuden saavuttamiseksi hätätilanteessa. Mitoituksessa on huomioitava mahdolliset samanaikaisuudet, eli varavoimanlähteen on pystyttävä syöttämään samanaikaisesti kaikki ennalta määrätyt toiminnot, joita SOLAS vaatii. Hätävalaistuksen täytyy hätätilanteessa toimia 36 tunnin ajan ainakin seuraavilla paikoilla /22/:

- jokaisella kokoontumisasemalla ja poistumisasemalla, kuten SOLAS-säännöissä III/11.4 ja III/15.7 vaaditaan /22/;
- pelastuslaitteiden kohdalla on laidoitusta valaistava hätävalaistuksella
- sellaisilla käytävillä, portailla ja poistumisovilla, jotka johtavat edellä mainituille alueille, kuten SOLAS-säännössä III/11.5 /22/ vaaditaan;
- kaikilla palvelu- ja majoitustilojen käytävillä, portailla, poistumisovilla ja henkilöhisseissä
- konehuoneissa ja päägeneraattoriasemilla sekä niiden valvontatiloissa
- kaikilla valvonta-asemilla, konevalvomossa ja jokaisen pää- ja hätäjakelutaulun luona
- palomiesten varusteiden säilytystiloissa
- ohjailulaitteissa
- palosammutusvälineiden luona (palo-, sprinkler- ja hätäpilssipumppu)

Varavoimanlähde voi olla joko generaattori tai akusto. Generaattorin on automaattisesti käynnistytävä, kun normaaliverkon syöttö katkeaa. Generaattorin kytkeytyminen hätäjakelutauluun (ES1) on tapahduttava automaattisesti ja sen on kyettävä syöttämään hätätilanteen toimintoja, muiden muassa edellä mainittua valaistusta. Generaattorin lisäksi laivoissa on käytettävä



keskusakustoa, joka automaattisesti kytkeytyy syöttämään vähintään puolen tunnin ajaksi muun muassa edellä mainittua hätävalaistusta silloin, kun normaaliverkko ja generaattori eivät enää toimi. /22/

#### 5.3.4 SOLAS-säännöt III/11.4, 11.5 (kokoonumisasemat)

Kokoonumisasemat on riittävästi valaistava valonlähteillä, joka saa syöttönsä myös varavoimanlähteestä (SOLAS-säännöt II-1/42, II-1/43 /22/). Käytävät, portaikot sekä poistumisovet on valaistava. Tällä valaistuksella on oltava syöttö varatehonlähteestä, kuten SOLAS-säännöissä II-1/42 ja II-1/43 /11/ /22/ vaaditaan.

### 5.4 Lisähätävalaistuksen sääntö

#### 5.4.1 Yleistä

Herald of Free Enterprise:n onnettomuuden seurauksena SOLAS-sääntöihin tehtiin lisäys lisähätävalaistuksesta. Onnettomuudessa tavanomainen hätävalaistus ei toiminut, koska laivan kaaduttua kyljelleen apukoneet, hätägenerattori ja keskusakusto lakkasivat toimimasta. Lisähätävalaistuksen sääntöjen lähtökohtana ovatkin laivan kallistumisesta aiheutuvat ongelmat -ei savu, niinkuin savuhätävalaistuksessa. Lisähätävalaistusta on käsitelty SOLAS-säännössä II-1/42-1 /22/. Lisähätävalaistus on tärkeä käsite, koska se voi täyttäessään oikeat kriteerit korvata osittain tai kokonaan savuhätävalaistuksen.

#### 5.4.2 SOLAS-sääntö II-1/42-1 (lisähätävalaistus)

Matkustaja-aluksiin, joissa on ro-ro-lastitiloja tai erityislastitiloja (SOLAS-sääntö II-2/3) on normaalin hätävalaistuksen (SOLAS-sääntö II-1/42, kohta 2.1) lisäksi asennettava ns. lisähätävalaistus, jonka on täytettävä seuraavat kriteerit /22/:

Kaikissa yleisötiloissa, käytävillä sekä portaikoissa on oltava sähköllä toimiva lisähätävalaistus, joka toimii vähintään kolme tuntia sen jälkeen, kun kaikki muut tehonlähteet ovat jostain syystä lakanneet toimimasta, sekä kaikissa kallistusolosuhteissa (generaattorin ja/tai akuston on toimittava vielä, kun laiva on sivusuunnassa kallistunut kork. 22,5° tai pituussuunnassa 10°). Lisähätävalaistuksen on oltava sellainen, että kulku varsinaiselle poistumistielle on selvästi havaittavissa.

Lisähätävalaistuksen tehonlähteenä on käytettävä valaisinyksikköihin sijoitettuja akkuja, joita varataan jatkuvasti, mikäli mahdollista hätäjakelutaulun kautta. Muita valaistusjärjestelmiä kuin lisähätävalaistusjärjestelmää voi soveltaa, mikäli niillä on lisähätävalaistusta vastaava opastustaso. Lisähätävalaistuksen lamppuviasta on saatava välittömästi osoitus. Lisähätävalaistuksen akut on vaihdettava sopivin aikavälein ottaen huomioon ilmoitetut toiminta-ajat sekä ympäristöolosuhteet. Jokaisella miehistötilan käytävällä, virkistystiloissa sekä työskentelytiloissa on oltava sähköisiä siirrettäviä turvalaisimia, ellei sinne ole jo asennettu yllä mainittua lisähätävalaistusta.

### 5.5 Savuhätävalaistussäännöt

#### 5.5.1 Yleistä

IMO:n päätökset MSC.24(60) /16/ ja MSC.27(61) /17/ ovat savuhätävalaistuksen perustana. IMO:n resoluutio A.752 /18/ puolestaan antaa ohjenuoran savuhätävalaistuksen toteuttamiselle. Savuhätävalaistusta koskevat säännöt ja ohjeet on laadittu Scandinavian Star'in onnettomuuden seurauksena. Onnettomuudessa monet eivät savun takia löytäneet poistumisovia ja menehtyivät,



vaikka normaali hätävalaistus oli toiminnassa. Savu peitti hyttikäytävän yläosat, jolloin normaalin ja hätävalaistuksen valo ei erottunut savun läpi. Käytävän alaosissa sen sijaan olisi ollut puhdasta ilmaa, mutta siellä ei ollut lainkaan valaistusta. Savuhätävalaistus onkin suunniteltu nimenomaan edellä kuvatun mukaisia savuisia olosuhteita varten. /8/

Seuraavassa on koottu yhteen niitä kansainvälisiä sääntöjä ja vaatimuksia, jotka koskevat laivojen savuhätävalaistusta. Savuhätävalaistusohjeet on esitetty suomennettuna liitteessä 2. Savuhätävalaistus on verratain uusi käsite, joten määräystekstit ovat kehitysvaiheessa ja niiden tulkinnat muokkautuvat näin ollen ajan mittaan. Tämän työn suomennokset ovat epävirallisia, ja niiden tarkoituksena onkin ainoastaan selvittää sääntöjen pääperiaatteet.

*Olemassa oleviin matkustaja-aluksiin, joiden köli on laskettu ennen 1.10.1994, savuhätävalaistus on IMO:n päätöksen MSC.24(60) /16/ mukaisesti asennettava 1.10.1997 mennessä.*

*Uusiin matkustaja-aluksiin, joiden köli on laskettu 1.10.1994 jälkeen, savuhätävalaistus on IMO:n päätöksen MSC.27(61) /17/ mukaisesti asennettava aluksen rakennusvaiheessa.*

### **5.5.2 SOLAS-sääntö II-2/41-2, kohta 4.7 (olemassa olevat matkustaja-alukset)**

SOLAS-säännön II-2/41-2 kohta 4.7 /16/ koskee olemassa olevia matkustaja-aluksia, joiden köli on laskettu ennen 1.10.1994. Tässä vaaditaan, että tavanomaisen hätävalaistuksen (SOLAS-säännöt II-1/42 ja III/11.5 /22/) lisäksi poistumistiet merkitään valaistuksella tai jälkivalaisevilla nauhamerkinnöillä. Sähköiset valaisimet tai jälkivalaisevat merkinnät on asennettava poistumistiellä myös jokaiseen portaikkoon ja jokaiselle poistumisovelle. Poistumistien varrella jokainen kulma ja käytävän risteys tulee merkitä. Valaisimet tai jälkivalaisevat nauhat asennetaan poistumistien joka kohtaan, mukaan lukien kaikki kulmat ja risteykset, korkeintaan 300 mm lattiatason yläpuolelle. Matkustajan on helposti pystyttävä löytämään poistumistie ja poistumisovet kyseisten merkintöjen avulla.

Jos merkintöinä käytetään valaisimia, tulee näille järjestää syöttö varatehonlähteestä. Järjestelmän opastavuus on säilyttävä, vaikka yksittäinen valopiste rikkoontuisi tai jälkivalaiseva nauha katkeaisi. Lisäksi kaikki poistumistien varrella olevat poistumistietä osoittavat merkit ja palosammutusvälineiden sijainnin merkinnät on oltava jälkivalaisevia. Viranomaisen on varmistettava, että kyseinen valaistus tai jälkivalaiseva materiaali on testattu ja soveltuu käytettäväksi organisaation kehittämien ohjeiden mukaisesti.

### **5.5.3 SOLAS-sääntö II-2/28, kohta 1.10 (uudet matkustaja-alukset)**

SOLAS-säännön II-2/28 kohdassa 1.10 /17/ uusiin matkustaja-aluksiin, joiden köli on laskettu 1.10.1994, tai sen jälkeen, vaaditaan samat asiat kuin vanhoja aluksia koskevassa säännössä (ks edellinen kohta). Sääntötekstin erona on vain, että poistumistien varrella olevat merkit ja palosammutusvälineiden merkinnät voivat olla myös valaisimilla toteutettuja. (ks. liite 1).

## **5.6 Savuhätävalaistusohjeet**

IMO:n resoluutio A.752(18) /18/ antaa ohjeet savuhätävalaistuksen arvioimiselle, koestamiselle ja soveltamiselle matkustajalaivoihin. Liitteessä 2 on tämä ohje täydellisenä englanninkielisenä lähinnä sen vuoksi, että nämä säännöt luovat perustan savuhätävalaistuksen suunnittelulle, jolloin tarkat sananmuodot ovat oikeiden tulkintojen tekemiseksi välttämättömiä. Liitteessä 2 on savuhätävalaistusohjeet myös vapaasti suomennettu diplomityöntekijän toimesta, jotta asian sisältö ja pääperiaatteet helpommin selkiytyisi lukijalle. Tässä työssä muodostetut tulkinnat savuhätävalaistusohjeiden eri kohdista on jäljempänä kohdassa 6.3.



## 5.7 Savuhätävalaistusta koskevia standardeja

### 5.7.1 Yleistä

Valaisimille on laadittu oma kansainvälinen IEC 598-1 -standardinsa /12/. Turvavalaisimia (hehku-, loiste- ja purkauslamput) käsitellään tarkemmin standardissa IEC 598-2-22 /13/. Tällä hetkellä savuhätävalaistukselle kokonaisuudessaan ei ole olemassa standardia kansainvälisellä tasolla. IMO suosittelee kansallisten standardien, esimerkiksi UL 1994 /48/, soveltamista siihen asti, kunnes tällainen aikaansaadaan. UL 1994 onkin ensimmäisiä juuri savuhätävalaistukselle laadittuja standardeja. Jälkivalaisevia materiaaleja on käsitelty saksalaisessa normissa DIN 67510 /6/.

### 5.7.2 IEC 598-2-22 (turvavalaisimet)

Savuhätävalaistusohjeet /18/ viittaa kohdassa 8.4 turvavalaisinstandardiin IEC 598-2-22 /13/. Kyseinen standardi soveltuu lähinnä sellaisille merkki- tai turvavalaisimille, joissa käytetään hehku-, loiste-, tai purkauslamppuja ja jotka liitetään enintään 1000 V:n jännitteeseen varavoimajärjestelmään. Standardin alkuosassa käsitellään yleisiä koestusmääräyksiä sekä määritellään joukko käsitteitä, joista osa on esitetty myös tämän diplomityön määritelmässä. IEC 598-2-22 -standardissa käsiteltävät asiat pitävät sisällään mm. seuraavaa /13/:

Valaisimet luokitellaan standardin IEC 598-1 luvun 2 mukaan /12/. Kuitenkin kaikki turvavalaisimet on voitava asentaa syttyvälle asennusalueelle. Turvavalaisimet luokitellaan rakenteensa mukaan seuraavasti:

- valaisinkohtaisella virtalähteellä varustetuksi valaisimeksi, jossa on lepotilamahdollisuus tai jossa lepotilamahdollisuutta ei ole
- keskusjärjestelmästä syötettäväksi valaisimeksi
- joko jatkuvatoimiseksi tai ajoittain toimivaksi valaisimeksi

Turvavalaisimet voidaan edelleen luokitella yhdistelmäturvavalaisimiksi, joissa on eri lamput normaalia valaistusta ja turvavalaitusta varten.

Turvavalaisimien rakenteen on oltava yleisesti ottaen standardin IEC 598-1 luvun 4 /12/ mukaisia. Lisäksi on sovellettava IEC 598-2-22:ssa olevia lisävaatimuksia. Kohdassa vaaditaan muun muassa, että turvavalaisimien loistelamppujen on syyttävä ilman hohtosytyttimiä. Lisäksi turvavalaitukseen ei saa käyttää sisäänrakennetulla sytyttimellä varustettuja loistelamppuja. Johonkin valaisimeen tullut vika ei saa vaikuttaa muihin samaan virtapiiriin liitettyihin valaisimiin. Vaatimus voidaan toteuttaa sijoittamalla sulake, rele tai muu suojalaite jokaiseen valaisimeen tai siten, että valaisinpiiriin tai komponenttien rakenne estää liian suurien vikavirtojen syntyminen. /13/

Turvavalaisimissa käytettävät akut ovat luokitukseltaan joko suljettuja nikkeli-kadmiumakkuja tai suljettuja lyijyakkuja. Kaikki akut menettävät tehollista varauskykyään elinikänsä aikana. Vaihtojen väliseksi vähimmäisajaksi määritellään 4 vuotta. Vaatimuksen täyttämiseksi on valittava alkuvarauskyvyltään ylimitoitettu akku niin, että valaisin voi saavuttaa merkityn toiminta-aikansa akun vaihtoon saakka. /13/

### 5.7.3 UL 1994 (savuhätävalaistus)

IMO:n suosittelemassa amerikkalaisessa UL 1994 -standardissa /48/ käsitellään savuhätävalaistusta seuraavan rakenteen mukaisesti:

- johdanto
- rakenne



- ulkoinen kaapelointi, kytkennät
- sisäinen johdotus
- sähköiset osat
- etäisyydet
- toiminta
- valmistus ja tuotteen testaus
- merkinnät

Savuhätävalaistuksen komponentteja koestetaan monella tavoin. Virtalähteiden on käytävä läpi mm. UL 924 /49/ mukaiset testit. Lisäksi tehdään muun muassa ikääntymis- ja kulutuskokeita. Standardin toimintaosassa määritellään muiden muassa menetelmät ja tilat savuhätävalaistusjärjestelmien testaamista varten. Valonlähteet ja jälkivalaisevat merkinnät on testattava sekä savuttomassa, että savuisessa tilassa. Savuttoman testitilan on oltava täysin pimeä ja havaintoja tekevät henkilöt on altistettava ennen valojen sammuttamista vähintään kymmenen minuuttia vallitsevaan ympäröivään valaistukseen. Kun valot sammutetaan, on testikappaleiden oltava näkyviä vähintään 7,62 metrin etäisyydelle puolentoista tunnin ajan.

Valonlähteet on testiolosuhteissa oltava kytkettyinä todellista asennusta vastaavasti. Niitä on syötettävä myös oikeilla virtalähteillään. Mikäli valonlähteiden valaistustaso ei kokeen aikana pysy 85-110 %:n rajoissa, on kyseiset arvot kirjattava. Jos valonlähteitä on tarkoitus syöttää akuilla, on näiden purkautuminen ja siitä aiheutuvat muutokset huomioitava.

Jälkivalaisevia merkintöjä on ennen varsinaista koetta varattava vähintään 10 minuuttia noin 540-1080 lx:n valaistusvoimakkuudella. Näytteet otetaan heti alussa sekä 1,5 tunnin kuluttua. Merkintöjen on oltava näkyviä 1,5 tunnin päästä.

Savukokeessa näytteiden on oltava näkyviä vähintään 3,66 m:n etäisyydelle, kun 50 % valosta ei pääse savun läpi (läpäisykerroin savussa,  $\tau = 0,5$ ). Kokeessa olevat näytteet on sijoitettava mahdollisimman lähelle lattiaa huoneeseen, jonka dimensiot ovat 2,4\*3,7\*3,0 m. Huoneen seinäpinnat on oltava mustia. Sopivasti sijoitetuilla tuulettimilla pyritään tilaan aikaan saamaan mahdollisimman tasainen savuntiheys.

Kokeessa käytetään 190 g valkoista teatterisavua kehittävää savupommia. Savuntiheyttä mitataan ajan funktiona ja ne hetket, jolloin näyte muuttuu savun takia näkymättömäksi ja jälleen näkyväksi kirjataan ylös. Jos nyt saatu savuntiheysarvo on suurempi kuin  $\tau = 0,5$ , on näyte hyväksyttävästi näkyvä määritelmän perusteella.

#### 5.7.4 DIN 67510 (jälkivalaisevat materiaalit)

Saksalaisessa normissa DIN 67510 /6/ käsitellään jälkivalaisevien materiaalien ominaisuuksia ja toimintavaatimuksia. Kyseisessä standardissa on myös määritelty IMO suosittelemat luminanssiarvot tiettyinä ajanhetkinä. Taulukko 2 on yhtäpitävä savuhätävalaistusohjeissa mainittujen arvojen kanssa. Taulukon 2 mukainen käyrä on esitetty tässä työssä sivulla 72.

**Taulukko 3.** IMO:n ehdottamat standardoidut luminanssiarvot jälkivalaiseville materiaaleille eri ajan hetkinä DIN 67510 mukaan. /6/

	1 minuutin jälkeen	10 minuutin jälkeen	30 minuutin jälkeen	60 minuutin jälkeen
luminanssi [mcd/m <sup>2</sup> ]	≥ 140	≥ 11,5	≥ 4,0	≥ 2,0



Jälkivalaisevien materiaalien luminanssit, luminanssin alenemat ja värit poikkeavat toisistaan materiaalista riippuen. DIN 67510 standardin osassa I on määritelty, miten materiaalit on merkittävä edellä mainittujen asioiden selventämiseksi. Esimerkiksi merkinnän 20,0/2,8-270-K-W arvot tarkoittavat seuraavaa:

- 20,0 on jälkivalaisevan materiaalin luminanssi 10 minuuttia varaavan valaistuksen sammumisesta ( $20 \text{ mcd/m}^2$ ).
- 2,8 on jälkivalaisevan materiaalin luminanssi 60 minuuttia varaavan valaistuksen sammumisesta ( $2,8 \text{ mcd/m}^2$ ).
- 270 on aika minuuteissa, jolloin luminanssi on alentunut  $0,3 \text{ mcd/m}^2$ :een (270 min).
- K on jälkivalaisevan materiaalin väri, kun materiaali aktivoituu, värikoordinaatit saadaan standardissa esitetystä värikartasta.
- W on jälkivalaisevan materiaalin väri, kun materiaali jälkivalaisee.

## 5.8 Yhteenveto

Savuhätävalaistuksen taustana on IMO:n laatimat savuhätävalaistussäännöt (liite 1.) ja savuhätävalaistusohjeet (liite 2.). Lisäksi savuhätävalaistusta ohjaavat erinäiset standardit. Kansainvälinen IEC 598-2-22 -standardi /13/ koskee turva ja merkkivalaisimia, amerikkalainen UL 1994 -standardi /48/ savuhätävalaistusta ja saksalainen DIN 67510 -standardi /6/ jälkivalaisevia materiaaleja. Kansainvälistä standardia savuhätävalaistukselle ei ole vielä kehitetty. Sen vuoksi onkin sovellettava jotain kansallista standardia siihen asti, kunnes kansainvälinen luodaan. Suomessa VTT:n palotekniikan laboratorio on kehittämässä menetelmän savuhätävalaistuksessa käytettyjen valonlähteiden testaamiseksi savuisissa olosuhteissa. /47/



## 6 TULKINTOJA JA TULKINTAEHDOTUKSIA SAVUHÄTÄVALAISTUKSESTA

### 6.1 Yleistä

Savuhätävalaistusta koskevat säännöt ja ohjeet ovat kansainvälisellä ja kansallisella tasolla monella tavalla tulkittavissa. Tämä on tarkoituksellista, koska liian tiukoilla säännöillä ja ohjeilla järjestelmien kehittyminen saattaisi kärsiä /8/. Viranomaiset tulkitsevat sääntöjä ja ohjeita eri tavalla, esimerkiksi norjalaiset ovat laatineet IMO:n savuhätävalaistusohjeiden pohjalta omat ohjeluonnoksensa /31/. Tällä hetkellä luokituslaitokset ovat muodostamassa omat tulkintansa savuhätävalaistuksesta. Laivan lippuvaltion kansalliset viranomaiset määräävät yhdessä luokituslaitosten kanssa viime kädessä, miten ohjeiden kohtia on sovellettava eri tilanteissa /8/. Seuraaviin kohtiin on koottu kohta kohdalta säännöistä ja ohjeista muodostuneita tulkintoja sekä ajatuksia. Osa tulkinnoina on syntynyt Merenkulkuhallituksessa Pertti Haataisen kanssa käytyjen keskusteluiden tuloksena ja osa norjalaisten ohjeluonnosta /31/ lukemalla. Tekstissä on myös Lloyd's:in kannanottoja. Tämän työn tulkinnat eivät kuitenkaan ole kaikelta osin virallisia, joten niihin tulee suhtautua varauksella. Lisäksi tulee muistaa, että tulkinnat muovautuvat tällä hetkellä päivä päivältä.

### 6.2 Savuhätävalaistussääntöjen tulkintoja

SOLAS-säännön II-2/28, kohdan 1.10 /17/ ja II-2/41-2, kohdan 4.7 /16/ mukaan savuhätävalaistus koskee kaikkia niitä tiloja, joissa matkustajia liikkuu tai saattaa liikkua. Periaatteessa yleisötilat ja erikoistilat, miehistötilat mukaan lukien, kuuluisivat myös kyseisen kohdan piiriin, koska SOLAS-sääntö II-2/28 /22/ kattaa myös nämä tilat. Savuhätävalaistussäännön kohtaa 1.10 tarkemmin tarkastelemalla huomataan, että merkintöjen on opastettava nimenomaan matkustajia. Matkustaja määritellään erikseen SOLAS-sääntöteksteissä muuksi kuin miehistön jäseneksi sekä alle yksivuotiaaksi lapseksi. Näin ollen asiaa voisi tulkita suoraan siten, ettei vaatimus koske samalla tavalla miehistön tiloja. IMO:ssa päätettiin, että yleisötiloissa savuhätävalaistusta on asennettava sopivasti ja että miehistötiloihin sitä ei vaadita tällä hetkellä ollenkaan /8/. Sopiva tapa asentaa savuhätävalaistus yleisötiloihin on IMO:n mukaan laittaa savuhätävalaistuksen merkintä jokaisen poistumisoven viereen korkeintaan 300 mm lattiasta. /8/

Järjestelmän opastavuuden kannalta olisi hyvä, että se jatkuisi yhtenäisenä kokoontumisasemille saakka, vaikka väliin jäisi yleisötiloja. Säännöt eivät tätä kuitenkaan vaadi. Tämä johtunee myös siitä, että yleisötilat ovat laivasta riippuen hyvin erilaiset, jolloin on vaikea määrittää yksiselitteisiä asennustapaohjeita.

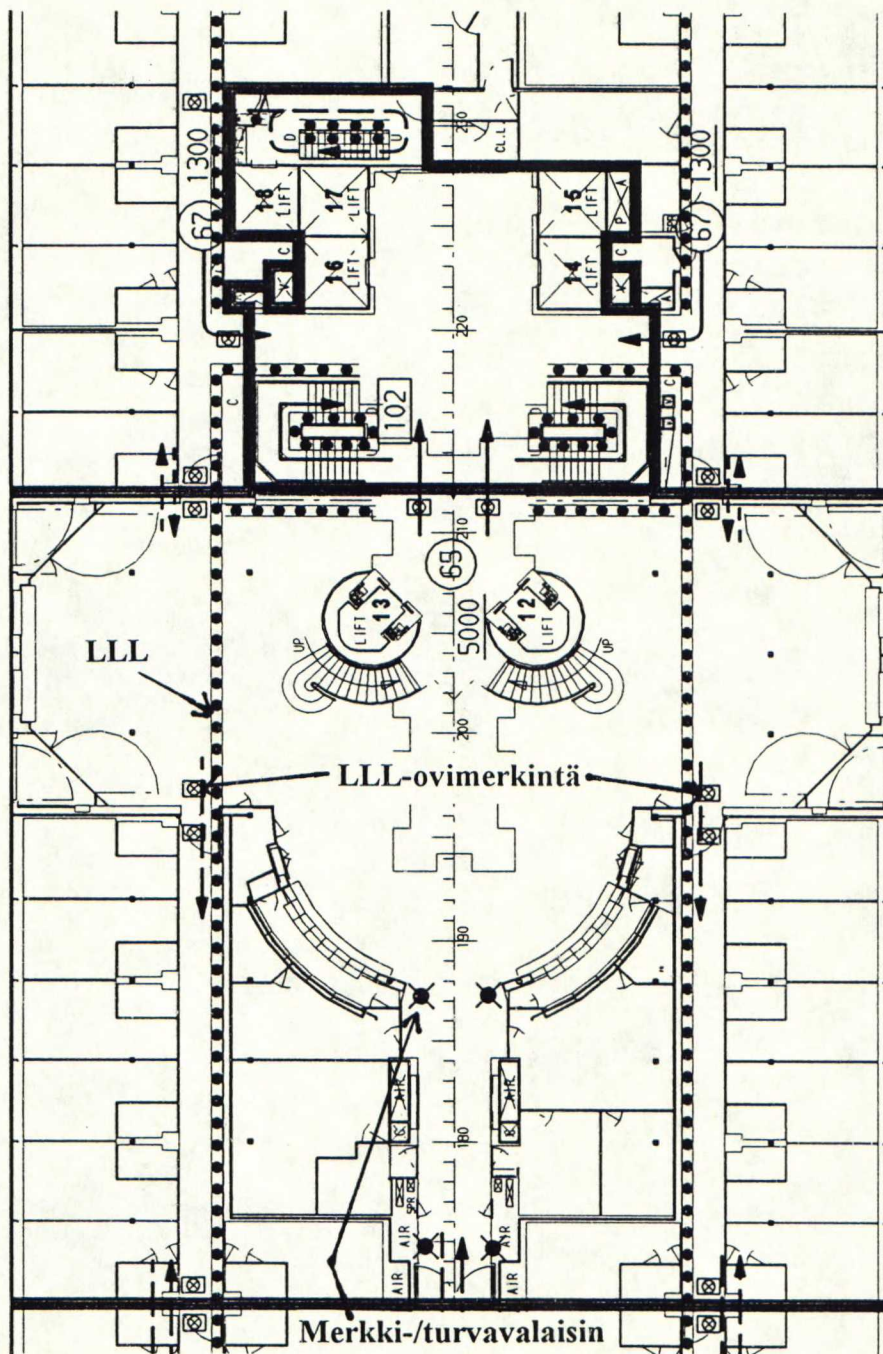
Ongelmatilanne saattaa muodostua, jos yleisötila jää hyttikäytävän ja porraskäytäväalueen väliin, jolloin poistumistie kulkisi periaatteessa yleisötilan läpi kuvan 7 mukaisesti. Kuvassa 7 käytetty lyhenne LLL tulee englanninkielisestä nimityksestä "low location lighting". MKH:n mukaan /8/ poistumistie on joka kohdassa merkittävä savuhätävalaistuksella, joten myös esimerkin mukaiseen yleisötilan osaan olisi asennettava savuhätävalaistus joka kohtaan -ei ainoastaan poistumisovelle. Kyseinen asennus on tärkeä myös järjestelmän jatkuvuuden kannalta. Hyväksyttävä tapa tässä tapauksessa voi olla myös merkitä ainoastaan poistumisovet perustellen sillä, että väliin jäävä alue on yleisötilaa.

Lloyd's:in kanta yleisötilojen savuhätävalaistukseen näyttää tällä hetkellä olevan IMO:a kriittisempi: Suuriin yleisötiloihin vaaditaan savuhätävalaistusta, siten, että kaikki pakotien varrella olevat käytävät ja kulkuväylät, jotka johtavat poistumisoville tai poistumisreiteille on merkittävä. Näin ollen esimerkiksi ruokasalien sisäiset kulkutiet on merkittävä. Merkintätavat eivät ole yksiselitteisiä, ja ne tuleekin hyväksyttävä asianmukaisesti, jotta ne täyttävät luokan vaatimukset. /45/

Vanhon ja uusien laivojen säännöissä oleva pieni ero ei tarkoita sitä, etteikö myös vanhoihin laivoihin merkintöjä voitaisi toteuttaa sähköisillä valaisimilla. Säännöt tehtiin ensin vanhoja laivoja



koskeviksi. Kun tämän jälkeen samoja sääntöjä luotiin uusille laivoille, todettiin, että merkinnöissä voi käyttää myös valaisimia, jolloin uusiin laivoihin koskeviin sääntöihin tehtiin lisäys tästä. Koska sääntöjen muuttaminen jälkikäteen on hidasta, ei vanhoihin laivoihin koskeviin sääntöihin ole vielä tehty samaa lisäystä. Todettakoon siis, että savuhätävalaistussääntötekstit sekä olemassa oleviin, että uusiin laivoihin ovat käytännössä samat (huomaa, että savuhätävalaistusohjeiden kohtia voidaan soveltaa eri tavalla olemassa oleviin ja uusiin matkustaja-aluksiin). /8/



**Kuva 7.** Pisteviivalla merkityn LLL:n kulku, kun hytti- ja porraskäytäväalueen väliin jää yleisötila (atrium). Yleisötila on tässä tapauksessa osa poistumistietä, joten se on myös merkittävä savuhätävalaistuksella sopivasti. Kuvassa on myös osoitettu, miten LLL johdetaan porraskäytäväalueen askelmille, Hissien edustalla ei ole merkintöjä, sillä ne eivät opasta mihinkään. Kuvassa olevat katkoviivaiset nuolet ilmaisevat varapakoteiden suuntaa. Kuvan ylempien hissien oikeanpuoleinen porraskäytävä on on tällainen varapakotie. Varapakotiet merkitään vastaavasti kuin muutkin tilat. Kuvaan on myös merkitty savuhätävalaistuksen poistumisovien merkinnät. Näitä on jokaisen pakotien varrella olevan poistumisoven luona. /8,18,35,45/



300 mm:n vaatimus savuhätävalaistuksen asennuskorkeudelle on ymmärrettävä tällä hetkellä ehdottomaksi, koska se on kirjoitettu sääntöihin. Savuhätävalaistusohjeiden kohdat ovat lievempiä ja niissä voidaankin joustaa MKH:n mukaan paremmin. /8/

### 6.3 Savuhätävalaistusohjeiden tulkintoja

Seuraavassa on tulkintoja savuhätävalaistusohjeista (liite 2.) kohta kohdalta:

- Kohta 1.1 (johdanto)

Savuhätävalaistussäännöt ja -ohjeet koskevat ainoastaan matkustajalaivoja. Ro-ro-matkustajalaivat (esim. ruotsinlaivat) ovat myös määräysten piirissä. Ohjeet eivät koske ro-ro-lastilaivoja. /8/

Norjalaisten ohjeluonnoksen /31/ mukaan savuhätävalaistusta vaaditaan kansainvälisessä liikenteessä oleviin aluksiin. Ilmeisesti tällä on pyritty estämään vaatimusta maan sisäisessä liikenteessä oleviin laivoihin. The Norwegian Maritime Directorate on myös päättänyt, että norjalaisten kansalliset savuhätävalaistusohjeet tulevat koskemaan kaikkia Norjan rannikkovesillä liikkuvia yli 400:lle henkilölle rekisteröityjä matkustaja-aluksia. Norjalaisia ohjeita on sovellettava kansallisella tasolla niin kauan, kunnes savuhätävalaistuksesta saadaan kansainvälinen standardi.

Matkustajien käyttämällä poistumisreiteillä tarkoitetaan kaikkia niitä tiloja, joissa matkustajilla on mahdollisuus liikkua ja jotka ovat laivan pakotiesuunnitelmassa. Miehistötiloihin savuhätävalaistusta ei tällä hetkellä vaadita, mutta IMO:n paloalakomitean käsittelyissä on ollut aiheena vaatia järjestelmä myös näihin tiloihin. Vaatimus tulee pakolliseksi ensi vuosituhannen alussa /8/. Poikkeuksen tekee ne miehistötilojen osat, jotka on suunniteltu myös matkustajien varapoistumisteiksi /8,45/. Esimerkiksi jotkut miehistötilojen portaikot voivat olla tällaisia. Kyseiset varapakotiet on merkittävä savuhätävalaistuksella samalla periaatteella kuin muutkin vaaditut tilat. /8,9/

Jos järjestelmä on normaalitilanteessa pimeänä, sen täytyisi oikealla hetkellä saada signaali valojen päälle kytketykseksi. Oikea hetki on viimeistään silloin, kun henkilö ei tavanomaisen hätävalaistuksen turvin, savun takia, löydä tietänsä tilasta ulos. Savun indikointi voidaan toteuttaa kytkemällä järjestelmä tilassa oleviin savuilmaisimiin, jotka on viritetty riittävän herkiksi tunnistamaan savu tarpeeksi ajoissa. On tuskin haitallista, että järjestelmä kytketty liian aikaisin. Käytännössä automaattisesti aktivoituva järjestelmä kytkettäneen laivan komentosillalla olevaan paloilmoituskeskukseen, joka antaa signaalin järjestelmän päälle kytketykseksi /8,9/. Koska savuhätävalaistuksen on toimittava ainoastaan savussa, ei sitä vaadita ulkotiloihin. Näin ollen esimerkiksi kannelle johtavan poistumisoven luona ei tarvitse oven ulkopuolella olla savuhätävalaistusjärjestelmään kuuluvaa valaisinta tai merkintää. /8/

- Kohta 2.1 (yleistä)

Savuhätävalaistusta vaaditaan toimimaan tavanomaisen hätävalaistuksen lisäksi. Joidenkin valmistajien mukaan olisi hyvä, että savuhätävalaistusta voitaisiin käyttää kokonaan korvaamaan tavanomainen hätävalaistus. Tämä ei kuitenkaan ole välttämättä hyvä ajatus, sillä savun ollessa jäähtynyttä, se on ilmaa painavampaa jolloin se painautuu tilan alaosiin. Tällöin tilan yläosissa ei olisi lainkaan valaistusta, kun sitä tarvittaisiin /8/. IMO:n vaatimus on kuitenkin selvä, jolloin normaalia hätävalaistusta ei tule eikä saa unohtaa. Normaalin hätävalaistuksen yhteydessä on noudatettava tätä koskevia SOLAS-sääntöjä kuten ennenkin. /8/

Normaalilla hätävalaistuksella ja savuhätävalaistuksella on tällä hetkellä muutamia eroavaisuuksia sääntöteksteissä: SOLAS-sääntö II-1/42 /22/ muun muassa ei vaadi, että keskusakuston täytyisi puolen tunnin ajan syöttää savuhätävalaistusta. Tämä johtuu siitä, että kun uudet



savuhätävalaistussäännöt astuivat voimaan ei siinä yhteydessä päivitetty SOLAS-säännöissä olevia keskusakuston syöttövaatimuksia, jolloin vanhat säännöt sen osalta jäivät voimaan. Savuhätävalaistus saa siis periaatteessa normaalisyötön katkettua sääntöjen mukaan hätäverkosta ainoastaan vähintään 36:n tunnin tehosyötön. Mikään ei poissulje tulkintaa siitä, että normaalin hätävalaistuksen säännöt automaattisesti koskevat myös savuhätävalaistusta. Edellistä voidaan perustella sillä, että savuhätävalaistus täydentää normaalia hätävalaistusta, ja on ymmärrettävä luotettavuudeltaan vastaavaksi, jolloin toiminta-aikojenkin on oltava molemmilla järjestelmillä samat. On vähintäänkin kohtuullista, että savuhätävalaistus toimii ainakin sen ajan, kun tavanomainen hätävalaistuskin /8/. Periaatteessahan savuhätävalaistuksen turvin matkustajan viime kädessä on löydettävä oikea pakotie.

Järjestelmät voidaan tehdä jälkivalaisevina tai valaisimilla tai sopivasti yhdistelemällä komponentteja molemmista. Itse asiassa yhdistelemällä eri järjestelmien osia voidaan päästä helpommin optimaaliseen tulokseen kustannusten sekä määräysten suhteen. Kaikki kulmat ja käytävien risteykset on ohjeiden mukaan merkittävä. Jos kulma on pieni voi pykälien tarkka noudattaminen muodostua ongelmaksi. IMO lähtee kuitenkin siitä, että järjestelmän jatkuvuus säilyisi, eikä koskaan syntyisi tilannetta, jolloin jouduttaisiin epäröimään mihin suuntaan tulisi jatkaa. Yhtenäisesti jatkuvilla järjestelmillä tämä tarkoittaa MKH:n mukaan sitä, että valonauhan on erotuttava kulman takaa. Puolijatkuvilla järjestelmillä taas sitä, ettei kulma saa estää näkyvyyttä seuraavalle valaisimelle. /8/

Käytävien risteyksissä voidaan savuhätävalaistusjärjestelmää hieman jatkaa kulmien yli, jotta jatkuvuuden käsite paremmin toteutuisi. IMO:n ajatuksena on ollut se, että järjestelmät olisivat poistumistien joka kohdassa havaittavia ja että kulkija aina tietäisi, minne jatkaa, kun suunnassa tapahtuu muutoksia. /8/

#### • Kohta 2.2 (lisähätävalaistus)

Ro-ro-matkustajalaivoihin täytyy soveltaa niille erikseen laadittuja lisähätävalaistussääntöjä. Lisähätävalaistus voi olla osana tai kokonaan savuhätävalaistusjärjestelmää, jolloin on kuitenkin huomioitava, että kyseinen järjestelmä täyttää molempien vaatimukset. Lisähätävalaistuksen on toimittava vähintään kolme tuntia normaalisyötöstä riippumatta. Käytännössä akut ovat sähköisissä lisähätävalaistusjärjestelmissä välttämättömiä (vaatimus). Lisähätävalaistusta on käsitelty tarkemmin tässä työssä kohdissa 6.4 ja 6.5. /18/

#### • Kohta 2.3 (järjestelmän toiminta-aika, aktivointi)

Savuhätävalaistusjärjestelmän on toimittava vähintään tunnin ajan aktivoimisensa jälkeen. Monet valmistajat tarjoavat järjestelmiensä syöttöjä erillisillä akuilla varustettuina, jotta tämä tunnin vaatimus saavutettaisiin. Asia ei ole aivan näin yksiselitteinen. On tulkinnallista, milloin järjestelmä on aktivoitava. Savuhätävalaistusohjeiden kohdassa 8.1 /18/ annetaan ohjeet järjestelmien kytkemistä hätäjakelutaulun kautta varavoimanlähteeseen, jolloin ne saavat normaalitilanteessa syöttönsä normaaliverkosta ja hätätilanteessa varavoimanlähteestä. Kyseisessä savuhätävalaistusohjeen kohdassa ei ole lainkaan mainintaa siitä, että erillisiä akkuja/akustoja tarvittaisiin virtalähteiden yhteydessä. Jos niitä vaaditaan olisi siitä oltava maininta teksissä. /8/

Hätägeneraatori on mitoitettu toimimaan vähintään 36 tuntia (SOLAS-sääntö II-1/42 /22/). Jos savuhätävalaistus vielä kytketään keskusakustoon se saa teoriassa yhteensä 36,5 tunnin varasyötön, mikä on oleellisesti suurempi arvo kuin 60 minuuttia. 60 minuutin vähimmäistoimintasääntö koskee lähinnä järjestelmän teknisiä ominaisuuksia sekä vanhoissa laivoissa mahdollisesti käytettäviä erillisiä akkuja. Katso vielä näiden tulkintojen kohta 8.1. Jos savuhätävalaistus toteutetaan IEC 598-2-22 /13/ mukaisilla valaisinkohtaisella virtalähteellä varustetuilla merkki- ja turvavalaisimilla on muistettava näitä koskeva akkuvaatimus.



Norjalaisessa savuhätävalaistusohjeluonnoksessa on selkeä vaatimus erillisten akkujen käytöstä virtalähteissä. Norjalaiset ovat tiukentaneet myös määräyksiä syöttöpisteiden lukumäärän suhteen (ks. tulkintojen kohta 8.3). Norjalaiset tiukemmat vaatimukset ovat ymmärrettäviä, sillä olihan Scandinavian Star norjalainen alus. Norjan valtio on myös paljon panostanut järjestelmien kehittämiseen.

Savuhätävalaistusjärjestelmä voi olla jatkuvatoiminen tai automaattisesti aktivoituva (ajoittain toimiva). On tulkinnallisista, sallitaanko sellaiset järjestelmät, jotka ovat ainoastaan manuaalisesti aktivoitavissa komentosillalta. Jatkuvatoimisilla järjestelmillä on käytännössä ainakin yksi katkaisija, josta järjestelmä saadaan kytkettyä päälle ja pois. Automaattisesti aktivoituvan järjestelmän on kytkeydyttävä savun tai sähkökatkoksen takia. Järjestelmä voidaan kytkeä paloilmoituskeskukseen ja/tai paikallisiin savuilmaisimiin. Paloilmoituskeskukseen kytketty savuhätävalaistus voidaan aktivoida siten, että paloilmoituskeskus aktivoi ainoastaan sen osaston, josta paloilmoitus tulee. Koko järjestelmän aktivoimiselle on kuitenkin joka tapauksessa oltava erillinen kytkin, koska järjestelmä on voitava ohjeiden mukaan manuaalisesti aktivoida yhdellä kytkimellä. Tämän on tapahduttava tilasta, jossa aina on miehitys, koska on tärkeää, että järjestelmä saadaan päälle, mikäli automaatiikka ei toimi. Hyvä sijainti kytkimelle on komentosillalla, jossa paloilmoituskeskuskin sijaitsee. /8/

Lloyd's:in mukaan myös jatkuvatoimisilla järjestelmillä on oltava keskitetty katkaisijansa /45/. Norjalaisessa ohjeluonnoksessa /31/ on erikseen mainittu, että kaikki muut paitsi jatkuvatoimiset järjestelmät on voitava kytkeä keskitetystä tilasta. Tällä on pyritty selventämään IMO:n ohjeista aiheutuvaa tulkinnallista ongelmaa.

#### • Kohta 4.1 (Savuhätävalaistusta koskevat standardit)

Kansainvälisiä standardeja ei tällä hetkellä vielä ole savuhätävalaistuksesta laadittu. Kansallisia sovelletaankin siihen saakka, kunnes tällainen saadaan aikaan. Amerikkalaisessa UL 1994 -standardissa /28/ savuhätävalaistusta on käsitelty melko laajasti, ja sitä suositellaankin käytettäväksi tässä vaiheessa sähköisten järjestelmien yhteydessä. Jälkivalaisuvia materiaaleja on laajasti tutkittu DIN 67510 -standardin /6/ puitteissa. DIN -standardia ollaan ilmeisesti ottamassa ISO:n käsittelyyn, mutta käsittely kestää vuosia. /8/

VTT:n palotekniikan laboratorio on luomassa Suomeen standardin mukaiset mittausmenetelmät savuhätävalaistukselle. Savumittauksia on jo tehty VTT:llä puolijatkuvien järjestelmien merkivalaisimille, joiden avulla on pystytty määrittämään valaisimien välinen maksimi asennusetäisyys. Tässä työssä kyseinen mittausmenetelmä on esitetty kohdassa 9.4. Yhtenäisesti jatkuvia järjestelmiä ei ole kuitenkaan vielä mitattu. Tämän diplomityön puitteissa tehtiin yhteistyössä TKK:n kanssa savuttoman tilan kokeita LEDeille ja EL-nauhoille.

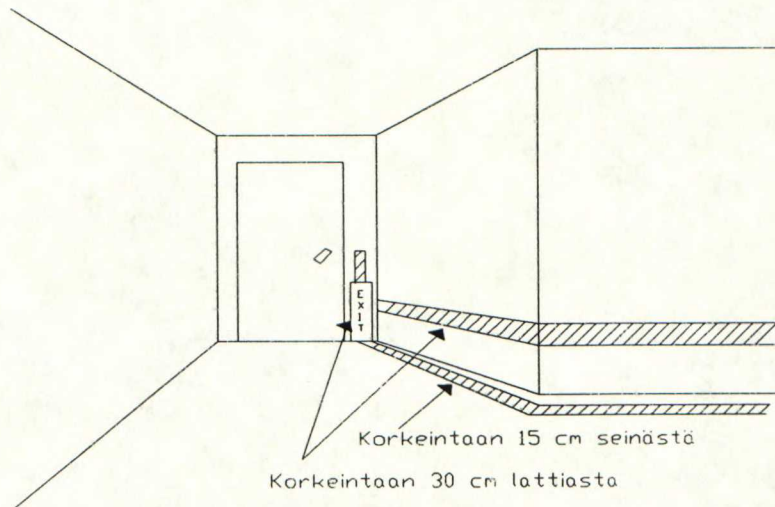
#### • Kohta 4.2 (käytävät)

Ainoastaan käytävät ja hyttiovet saavat katkaista yhtenäisesti jatkuvan järjestelmän jatkuvuuden. Yleensä tämä tulee kyseeseen seinäasennuksessa. Toki lattia-asennustakin käytettäessä voidaan järjestelmä katkaista kyseisillä kohdilla. Hyttioviin merkintöjen laittaminen voi olla vaarallista, koska ovi avautuu yleensä sisäänpäin, jolloin henkilöt voisivat savussa kulkeutua hyttiin. /8/

Jos hyttikäytävällä on ulokkeita tai syvennyksiä on seinäasennuksessa muistettava, että yhtenäisesti jatkuva järjestelmä seuraa seinän pintaa mahdollisimman yhtenäisesti. Lattia-asennusta käytettäessä tilanne on samanlainen, mutta asennettaessa järjestelmä hieman irti itse seinäpinnasta voidaan osittain välttää tiettyjä kulmia ja syvennyksiä. Tulkinnallista on, miten suhtaudutaan tilanteeseen, jossa syvennys/uloke on suurempi kuin 15 cm. IMO sallii 20 cm:n resessin, joten paikoitellen lattia-asennus saanee olla enemmän kuin 15 cm seinästä. /8/

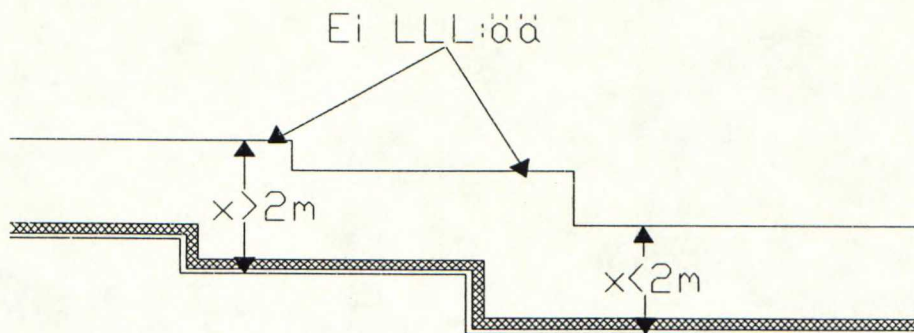


Merkinnän ei tarvitse olla yhtenäisesti jatkuva, jos se standardeihin viitaten osoitetaan kykeneväksi opastamaan henkilöt tilasta pois /18,31/. Norjalaiset tarkentavat vielä, että kaikki järjestelmät, mukaan lukien yhtenäisesti jatkuvat ja puolijatkuvat, jotka testataan savussa, kun 60 % valosta pääsee savun läpi (ks. kohta 7.3) ja todetaan riittävän valaiseviksi, voidaan hyväksyä.



**Kuva 8.** Savuhätävalaistuksessa käytetyn valonlähteen tai merkinnän etäisyys seinästä saa savuhätävalaistusohjeiden mukaan olla korkeintaan 15 cm. Etäisyys lattiasta saa puolestaan olla korkeintaan 30 cm. Poistumisoven merkintä saa sijaita korkeintaan 30 cm lattiatasosta. Merkinnät voivat olla joko sähköisiä tai jälkivalaisevia. /18/

Kaikki poistumistien varrella olevat yli kaksi metriä leveät käytävät on merkittävä savuhätävalaistuksella molemmin puolin. Se, miten lyhyisiin yli kaksi metriä oleviin käytävien osuuksiin suhtaudutaan, onkin viranomaisen tulkinnan varassa. Lyhyet osuudet aiheuttavat ylimääräistä kaapelin vetoa, ja toisaalta voi vielä ajatella, mitä hyötyä kyseisellä merkinnällä aikaansaadaan, kun se ei johda eikä jatku mihinkään. Ajatuksena kuitenkin on ollut, että leveillä käytävillä merkintä on nopeammin ja helpommin löydettävissä, eikä se sijaitse liian kaukana, kun se asennetaan molemmin puolin. Lloyd's ei vaadi lyhyiden yli kaksi metriä olevien käytävien osien merkitsemistä molemmin puolin. /45/

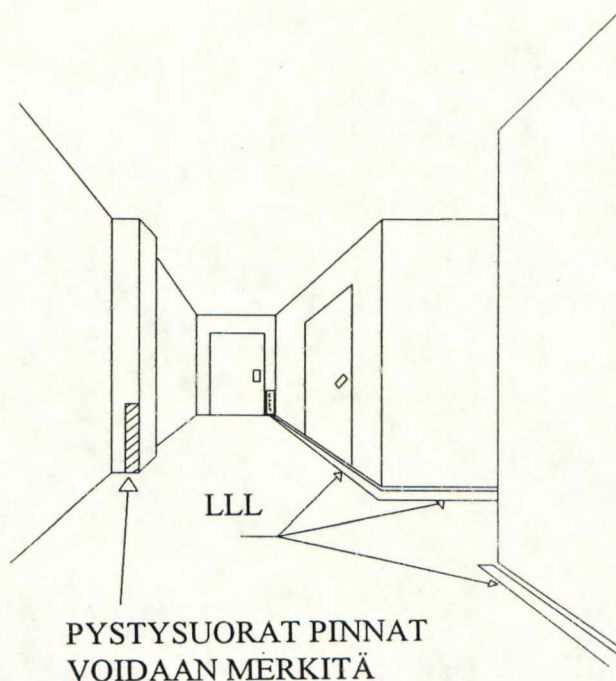


**Kuva 9.** Yli kahden metrin käytävänosuuksia ei tarvitse merkitä savuhätävalaistuksella, koska paikoittaiset merkinnät eivät johda eivätkä opasta mihinkään. Kuvan esimerkitapaus voi esiintyä laivan keulaosassa. /45/



Savuhätävalaistusohjeiden mukaan savuhätävalaistus voidaan asentaa kummalle puolelle tahansa käytävää, mikäli sen leveys jää alle kahden metrin. Olisi jatkuvuuden säilymiseksi järkevää asentaa se samalle puolelle palovyöhykkeestä toiseen mentäessä. Käytännössä tämä kuitenkin on mahdotonta, eli jossain vaiheessa on siirryttävä asennuksessa käytävän toiselta puolelta vastakkaiselle puolelle. MKH:n mukaan /8/ ei haittaa vaikka asennus vaihtaa puolta palovyöhykkeeltä toiselle mentäessä.

Norjalaisessa ohjeluonnoksessa /31/ täsmennetään, että on pyrittävä mahdollisimman suoriin ja yhtenäisiin asennuksiin, käytävien levenemisestä ja kapenemisesta huolimatta.

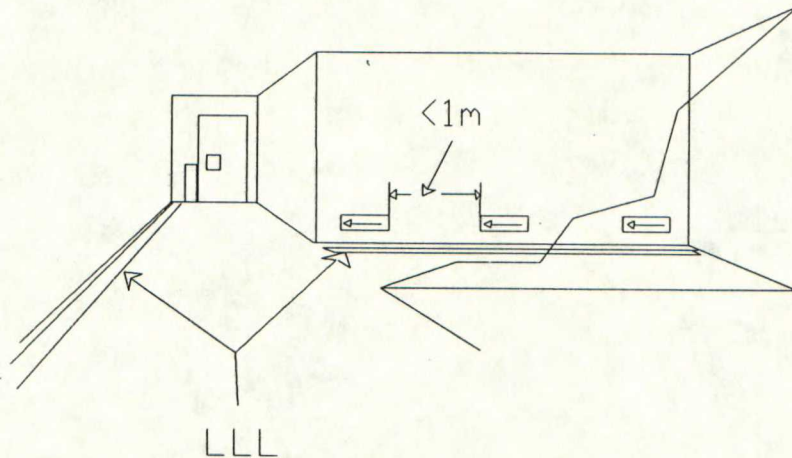


**Kuva 10.** Esimerkki käytäväasennuksesta. Ainoastaan hyttiovet ja risteävät käytävät saavat katkaista järjestelmän. Asennus saa kuitenkin jatkua yhtenäisesti kyseisten kohtien ohi mentäessä, mikä onkin suositeltavaa jatkuvuuden säilyttämiseksi. Käytävän varrella olevat pystysuorat pinnat on hyvä merkitä myös. Kyseisten kohtien merkitseminen on kuitenkin tulkinnanvaraista viranomaisten kannalta. /8,18/

#### • Kohta 4.3 (umpikäytävät)

Ainoastaan umpikäytävillä on käytettävä metrin välein nuolimerkintöjä, eli muualla niitä ei ohjeiden mukaan tarvita. Tämä ei välttämättä ole hyvä ratkaisu, koska joskus käytävän risteys saattaa sijaita huomattavasti lähempänä toista poistumisovea. Sääntöä kehiteltäessä todettiin, että joskus risteyksen nuolimerkintä saattaa opastaa siihen suuntaan, jossa palaa, vaikka pidempi poistumisreitti olisi turvallinen. Tämä saattaa siirtää vastuun väärästä opastuksesta laivan varustamolle. IMO:n periaatteena on tämän vuoksi ollut, että lähdettäessä seuraamaan merkintöjä kumpaan suuntaan tahansa pitäisi poistumisovi jossain vaiheessa tulla vastaan. Nuolia saa kuitenkin sääntöjen puitteissa käyttää ja esimerkiksi käytävien risteykset voidaan merkitä siten, että ensisijainen suunta lähimmälle poistumisovelle ilmoitetaan yhtenäisellä- ja toissijainen suunta katkonaisella nuolella. Samalla voidaan ilmoittaa etäisyydet kyseisille oville. Kuvassa 11 on esimerkinomaisesti osoitettu, miten umpikäytävillä tulisi toimia savuhätävalaistusohjeiden /22/ mukaan. /8/





**Kuva 11.** Umpikäytävien merkitsemisperiaate savuhätävalaistuksessa. Merkinnäissä on käytettävä nuolia metrin välein. Joissakin savuhätävalaistusjärjestelmissä nuolet voivat olla valonauhan yhteydessä esimerkiksi siten, että LEDit muodostavat nuolikuvion. /18/

Norjalaisissa ohjeluonnoksessa /31/ tarkennetaan, että umpikäytävien merkinnät on oltava täsmällisiä ja selkeitä. Ohjeluonnoksessa ei mainita, että olisi käytettävä nimenomaan nuolimerkintöjä.

- Kohta 4.4 (portaikot)

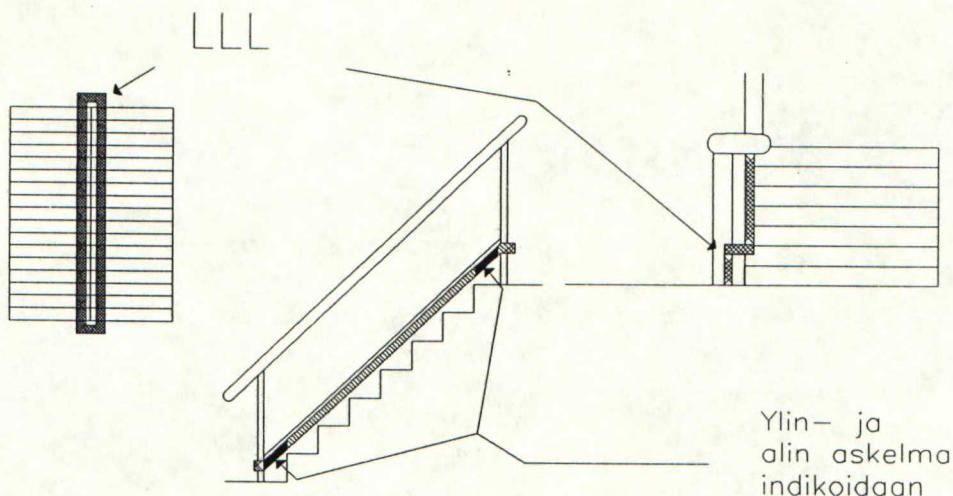
Portaikojen ylimmän ja alimman askelman erottaminen muista voidaan toteuttaa monella tavalla. Ajatuksena kuitenkin on, että kuljija selvästi havaitsee, missä ylin ja alin askelma sijaitsee. Merkintöjen on oltava systemaattisesti samalla tavalla toteutettuna koko laivassa /8/. Kuvassa 13 on eräs ehdotus portaikkojen merkitsemiseksi.

Yhtenäisesti jatkuvissa savuhätävalaistusjärjestelmissä valonauha on asennettava portaikon viereen enintään 300 mm:n korkeudelle. Ylin ja alin askelma voidaan indikoida mm. käyttämällä kyseisten askelmien kohdalla eri värisiä valonlähteitä, erillisiä merkkivalaisimia tai jälkivalaisevia kilpiä. Lloyds suosittelee kuitenkin, että ylimmän ja alimman askelman kohdalla yhtenäisesti jatkuva järjestelmä asennetaan poikittain askelman yli.

Puolijatkuvissa järjestelmissä periaatteessa riittää, että valaisin asennetaan alimmalle- ja ylimmälle askelmalle, sekä välitasanteelle /8/. Kyseisellä asennustavalla saavutetaan samalla ylimmän ja alimman askelman indikointivaatimus. Puolijatkuvissa järjestelmissä käytettävät valonlähteet ovat huomattavasti tehokkaampia yhtenäisesti jatkuvien järjestelmien valonlähteisiin verrattuina, jolloin ne valaisevat ylimmät ja alimmat askeleet.

Ainoastaan matkustajien käyttämien poistumisteiden varrella olevat portaikot tulee merkitä. Portaita, jotka johtavat tilaan, jossa on esimerkiksi parveke ei tarvitse merkitä, koska ne eivät SOLAS-säännön II-2/28, kohdan 1.7 /22/ mukaisesti ole poistumisteitä. Laivoissa on usein myös ns. varapakoteita, jonne matkustajat voidaan hätätilanteessa ohjata. Esimerkiksi jotkut miehistötilojen portaat voivat olla tällaisia alueita. Savuhätävalaistus ulottuu myös näihin tiloihin /8,35/. Asennus tehdään vastaavalla periaatteella kuin muissakin portaissa. Porraskäytäväalueella muiden kuin askelmien merkitseminen on tulkinnallista. Lloyd's:in kanta on, että järjestelmä jatkuisi yhtenäisenä askelmille asti /45/. Esimerkiksi hyttikäytävän ja porraskäytävän väliin jäävä alue on tämän mukaan merkittävä savuhätävalaistuksella.





**Kuva 12.** Esimerkki portaikkojen merkitsemisestä savuhätävalaistuksessa. Ylin- ja alin askelma voidaan indikoida esimerkiksi laittamalla kyseisten askelmien kohdille profiilin yhteyteen jälkivalaisevat kilvet. Existalite:n järjestelmässä voidaan käyttää LED-moduleiden sijasta pienoishehkulamppumoduleita, jolloin valon väri saadaan erilaiseksi. Lloyd's:in luokituslaitos suosittelee kuitenkin tapaa, jossa valonauha vedetään poikittain kyseisten askelmien yli. /18,45/

#### • Kohta 4.5 (IMO-symbolit)

Järjestelmän merkinnöissä on käytettävä IMO:n määrittelemiä symboleita. Pelastuslaitteiden ja poistumisteiden symbolit on esitetty IMO:n resoluutio A.603:ssa /21/. Palolaitteille sopivat palontorjuntakaaviomerkit löytyvät asiapaperista IMO:n resoluutio A.654 /19/. IMO:n kaikki symbolit löytyvät resoluutiosta IMO Res. 760 /20/. IMO:n symboleilla merkitään kaikki palosammutusvälineet, kokoontumisasemat ja niin edelleen. Symboleilla pyritään täydentämään opastusta, ja niitä onkin sijoitettava poistumistien varrelle kriitisiin kohtiin, jotta kulkija aina ymmärtää mihin jatkaa tai miten toimia seuraavaksi. On huomattava, että poistumisovien merkitsemisessä voidaan käyttää EXIT-sanaa. Savuhätävalaistuksen IMO-symboleilla ei korvata normaalisti silmien tasolle sijoitettavia kilpiä, vaan periaatteessa kilpiä on sekä ylhäällä, että alhaalla. Alhaalle sijoitettavassa kilvityksessä on noudatettava samoja periaatteita kuin ylhäällä olevassa kilvityksessä. Järjestelmän selkeyden vuoksi on tärkeää, että opastukset ovat samat, koska matkustajat voivat tutustua merkintöihin normaalitilanteessa. /8,35/

Norjalaiset ovat omissa savuhätävalaistusohjeluonnoksessaan /31/ jättäneet kokonaan pois maininnan IMO-symboleiden pakollisuudesta. He painottavat ainoastaan, että järjestelmän on annettava riittävän tarkkaa informaatiota oikean tien löytymiseksi.

#### • Kohta 4.6 (hyttiin asennettava kaavio)

Jokaiseen hyttioveen asennettavaan kaavioon (hytin sisäpuolella) on merkittävä osaston poistumistiet ja palosammutusvälineet /8/. Norjalaisessa ohjeluonnoksessa /31/ täsmennetään edelleen, että kaavion on näytettävä reitti kahden lähimmän poistumisoven lisäksi myös kokoontumisaseman luo.



- Kohta 4.7 (materiaalit)

Vaatus materiaalien myrkyttömyydestä ja siitä ettei mikään savuhätävalaistusjärjestelmän tarvike tai osa ole radioaktiivinen, on yksiselitteinen ja järkevä. Kenellekään ei saa aiheutua terveydelistä haittaa järjestelmissä käytettävien materiaalien vuoksi. Myöskään materiaalien palaessa ei saa muodostua terveyttä vaarantavia kaasuja. Sääntö koskee myös virtalähteissä mahdollisesti olevia akkuja. Akut eivät saa purkautuessaan muodostaa terveydelle haitallisia yhdisteitä, sillä ne saattavat sijaita esimerkiksi käytävän välittömässä läheisyydessä, tilassa, joka ei ole tiiviisti suljettu.

- Kohta 5.1 (ovet)

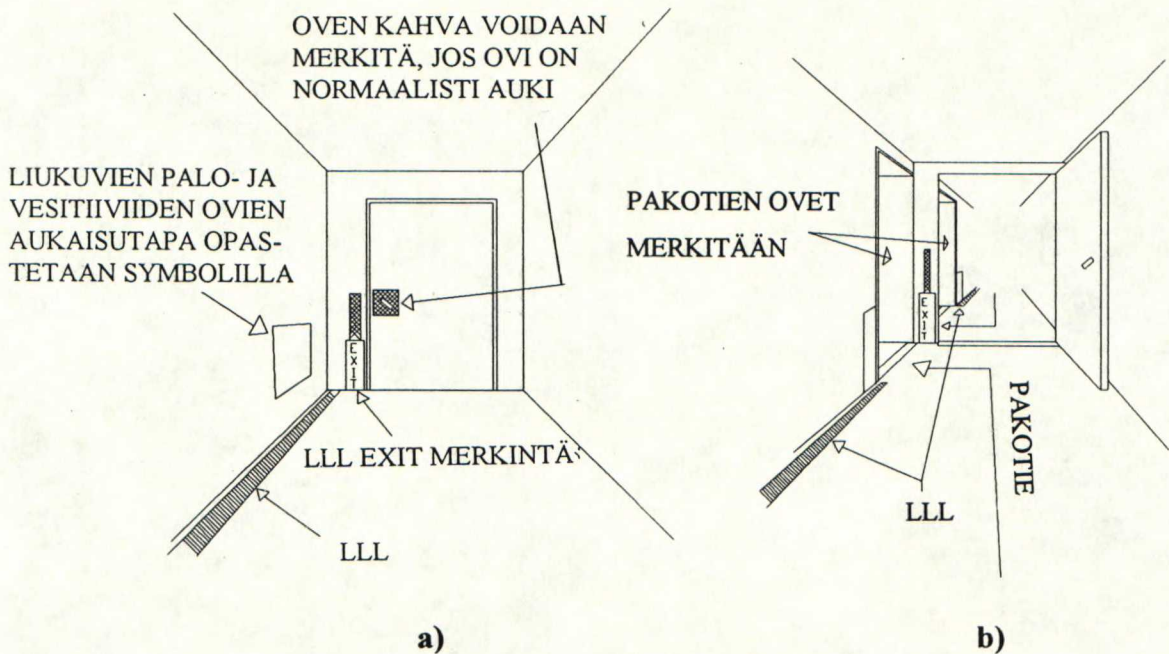
Savuhätävalaistusmerkinnän on johdettava poistumisoven kahvalle. Tämä tarkoittaa esimerkiksi, että kahvan tausta (tai kahva) merkitään silloin, kun ovi on normaalisti kiinni, ja että lattian raja sijoitettu opastus johtaa henkilön kyseiselle kahvalle. Merkintä voidaan esimerkiksi laittaa kahvan puoleiselle sivulle karmiin, ei kuitenkaan ovilevyyn silloin, kun ovi normaalisti on auki, koska tämä saattaisi aiheuttaa väärinkäsityksiä. Normaalisti kiinni olevaan poistumisoveen voidaan merkintä laittaa itse ovilevyyn (esimerkiksi jälkivalaisevalla tarralla). Puolijatkuvissa järjestelmissä kahva voi erottua helposti jo alhaalle sijoitetun merkki- tai turvavalaisimen avulla. Kahva voidaan tällöin myös merkitä jälkivalaisevalla merkinnällä. /8,45/

Savuhätävalaistus olisi hyvä laittaa sille puolen käytävää, jolla ovenkahva on. Tätä ei kuitenkaan ohjeissa suoranaisesti vaadita, eikä sitä ole käytännössäkään aina mahdollista toteuttaa. Ainoastaan savuhätävalaistuksen poistumisovimerkintöjen on oltava oven kahvan puolella.

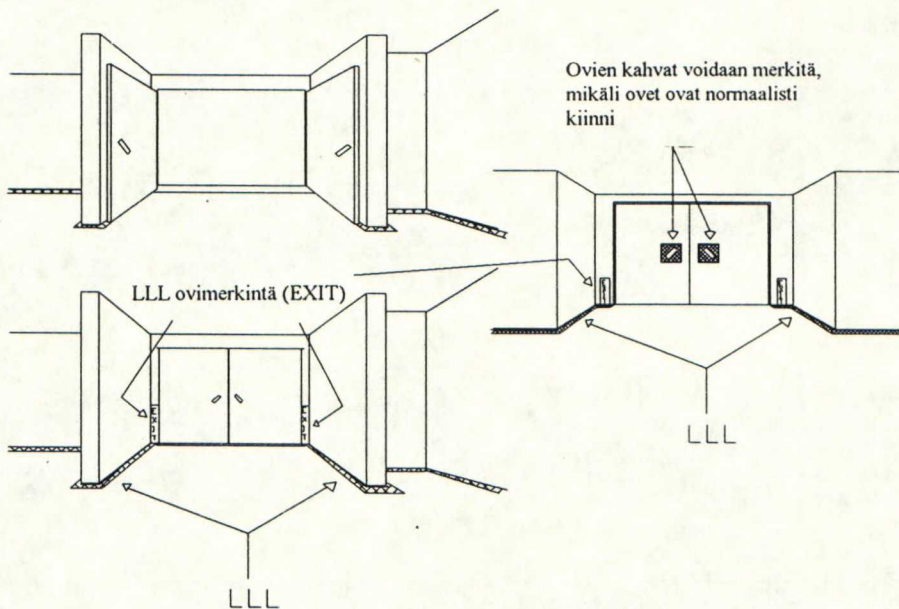
Jos poistumistien varrella olevat palo-ovet ovat kaksoisovia ja ne ovat normaalitilanteessa auki poistumistien suuntaa vastaan, on IMO:n suosittelemia merkintätapoja vaikea noudattaa kirjaimellisesti. Merkintä voidaan tietysti laittaa oven taakse karmiin tai sen viereen, koska oletetaan, että palo-ovet sulkeutuvat paloilmoituksen kautta. Kyseinen merkintä ei voi tällöin olla jälkivalaiseva, koska sillä ei ole normaalitilanteessa riittävää varaavaa valaistusta. Merkintä jää tässä tapauksessa väärälle puolelle ovea kahvaa ajatellen. Laittamalla sähköinen valonauha itse ovilevyn pintaan voidaan tietysti tämäkin suositus toteuttaa, mutta tämä on johdotuksen kannalta liian ongelmallista.

Jälkivalaisevat merkinnät voidaan edellä kuvatussa tilanteessa laittaa ovilevyjen läheisyyteen, jos niitä ei liian pienen varaavan valaistuksen takia voida sijoittaa oven taakse. Kuvassa 14 on havainnollistettu muutamia tässä työssä kehiteltyjä ehdotuksia kaksoisovien merkitsemiseksi. Muita ovia kuin poistumisovia ei tulisi merkitä, koska ne saattaisivat helposti johtaa ihmiset harhaan. Merkinnät koskevat ainoastaan poistumistien varrella olevia ovia. Merkinnät on MKH:n mukaan /8/ syytä kuitenkin tehdä systemaattisesti samalla tavalla ympäri laivan. /8/





**Kuva 13.** Savuhätävalaistuksen ovimerkintätapoja. a) valonauhan on hyvä kulkea sillä puolen käytävää, jolla ovenkahva on (ei kuitenkaan vaadita). EXIT-merkinnän on sijoitettava oven kahvan puolella korkeintaan 300 mm:ä lattiatasosta. Valonauhan johtaminen oven kahvalle asti on tulkinnallista, mutta suositeltavaa. b) liukuvien palo- ja vesitiiviiden ovien läheisyyteen sijoitetaan mieluiten symbolilla varustettu kilpi, jolla opastetaan oven aukaisua. Vieressä oleva "kolmoisovi"-esimerkissä tarkoituksena on merkitä ne ovet, jotka ovat pakotien varrella. /18/



**Kuva 14.** Savuhätävalaistuksen kaksoisovimerkintöjä. Exit-merkintää ei saada kaksoisovien luona kahvan puolelle, jolloin se voidaan laittaa "väärälle" puolelle. Oven läheisyyteen voidaan laittaa myös symboli (jälkivalaiseva) osoittamaan, missä oven kahva sijaitsee.



- Kohta 5.2 (liukuvat palo- ja vesitiiviit ovet)

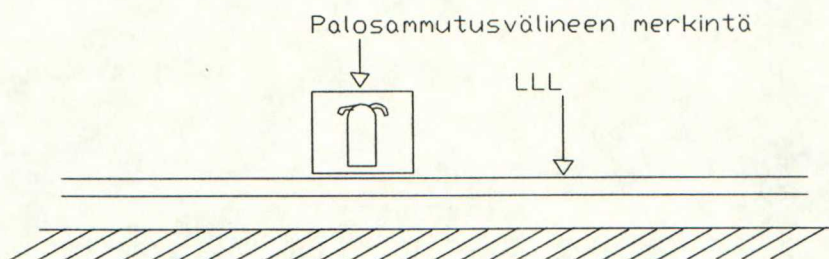
Ainoastaan liukuvien palo- ja vesitiiviiden yhteydessä on käytettävä normaalin poistumisovimerkinnän lisäksi oven aukaisua opastavia merkintöjä. Liukuvien palo- ja vesitiiviiden ovien merkinnät voidaan tehdä jälkivalaisevilla kilvillä, vaikka muu järjestelmä on sähköinen. Ovien aukaisumekanismi on oltava selkeästi ymmärrettäviä kaikille, jotka joutuvat ovea käyttämään. Merkintänä on syytä käyttää jotain havainnollista symbolia, koska tekstit ovat hitaita lukea. Lisäksi on huomioitava kielelliset ongelmat. Kilvet sijoitetaan mieluummin oven viereen, varsinkin silloin, kun ovi on normaalitilanteessa auki. MKH:n mukaan tulisi välttää merkintöjä ovilevyssä. /8/

Vesitiiviin oven merkintä on hieman ongelmallista, koska ei haluta, että normaalitilanteessa henkilöt voivat liian helposti kokeilla turhaan oven toimintaa. Merkinnät on kuitenkin sijoitettava havaittavalle paikalle, jotta ne näkyisivät niitä tarvittaessa. /8/

- Kohdat 6.1-6.3 (merkit ja merkinnät)

IMO:ssa ei ole vaatimusta alhaalle asennettavien savuhätävalaistuksessa käytettävien merkkien ja merkintöjen koon suhteen. Ne saavat kuitenkin olla pienempiä kuin ylös asennettavat merkit (normaali hätävalaistus), koska oletetaan, että katsomisetaisyys on automaattisesti lyhyempi. IMO:ssa hyväksyttiin Suomen esittämä koko 70\*70 mm, mutta sitä ei kirjoitettu savuhätävalaistusohjeisiin, sillä asiaa käsiteltäessä todettiin, että merkintä voi joissain tapauksissa olla pienempikin. Tällä hetkellä tarkkaa kokoa ei ole määritelty. /8/

Merkintöjen on oltava kooltaan yhteensopivia järjestelmän muiden osien kanssa. Tällä pyritään pitämään järjestelmää mahdollisimman yhdenmukaisena läpi laivan. On tärkeää, että jokainen ymmärtää, että savuhätävalaistukseen tarkoitetut merkinnät kuuluvat juuri savuhätävalaistusjärjestelmään. Savuhätävalaistukseen kuuluvat merkinnät asennetaan kaikki korkeintaan 300 mm:ä lattiatasosta laipioon sille puolelle ovea, jolla ovenkahva sijaitsee, myös ovien luona. Merkinnät tehdään yhdenmukaisesti samalla tavalla kaikissa vaadituissa tiloissa /8,18/. Palosammutusvälineiden merkinnät tehdään siten, että merkintä sijaitsee korkeintaan 300 mm:ä lattiatasosta seinällä aina asianomaisen välineen alapuolella.



**Kuva 15.** Periaatekuva palosammutusvälineiden merkitsemisestä savuhätävalaistuksessa. /8/

Savuhätävalaistuksen merkintöjä tulisi olla ohjeiden jokaisella poistumisovella. Yleisötilojen poistumisovet muodostavat tässä suhteessa ongelman, koska itse IMO:n piirissä asiaa tulkitaan yleisesti siten, että jokaisen pakotien varrella olevan yleisötilan poistumisoven luona on oltava savuhätävalaistusjärjestelmään kuuluva merkintä. Toiset viranomaiset saattaisivat taas jättää savuhätävalaistuksen valaisimet yleisötilojen poistumisovien kohdalta kokonaan pois vaatien näille ainoastaan tavanomaiset ylös asennettavat merkki- tai turvavalaisimet. Mikäli savuhätävalaistuksen merkintää vaaditaan myös yleisötilojen poistumisovien luona, olisi hyvä, että se olisi



mahdollisimman yhdenmukainen muun järjestelmän kanssa. Merkintä voidaan kylläkin tehdä jälkivalaisevana, vaikka muu järjestelmä, esimerkiksi hyttikäytävillä, olisi sähköinen. Vaatimus siitä, että merkintöjen on erotuttava taustastaan tarkoittaa tässä yhteydessä lähinnä sitä, että ne erottuisivat myös silloin, kun järjestelmää ei ole aktivoitu, eli kun valonlähteet ovat pimeinä. Erottuvuuteen vaikuttavat mm. merkin värit, kontrasti sekä luminanssi. /8/

- Kohta 7.1 (jälkivalaisevat merkinnät)

Jälkivalaisevan nauhan vähimmäisleveys on 75 mm, jolloin sen on täytettävä kohdan 7.2 arvot. Mikäli käytetään kapeampaa nauhaa, on tämän luminanssin oltava suhteellisesti suurempi. MKH:n mukaan tämä tarkoittaa sitä, että nauhan leveyden ollessa 37,5 mm, on tämän luminanssiarvot vastaavasti oltava kaksinkertaisia, eli 30 mcd/m<sup>2</sup> ja 4,0 mcd/m<sup>2</sup>. /8/

- Kohta 7.2 (jälkivalaisevien merkintöjen luminanssivaatimukset)

Tämän kohdan arvot on saatu kuvan 30 (s. 72) avulla, jossa on kuvattu jälkivalaisevien materiaalien luminanssin vähenemistä ajan funktiona. Mittaukset on tehty materiaaleille, joita on n. 15 minuuttia varattu loistelampuilla 1000 lx:n valaistusvoimakkuudella. arvot on tämän jälkeen otettu 90 minuutin ajalta täydellisessä pimeydessä. Kyseiset arvot on myös standardoitu ja ne löytyvät saksalaisesta normista DIN 67510 /6/ (tässä työssä kohdasta 5.7.4).

- Kohta 7.3 (jälkivalaisevien merkintöjen varaaminen)

Ympäröivän valaistuksen on oltava riittävä varaamaan jälkivalaiseva materiaali. On tärkeää huomioida varaavien valaisimien sijainti ja asento suhteessa materiaaliin. Jälkivalaisevan materiaalin toimittajan on tarpeen antaa selvitys materiaalinsa valaistusolosuhdevaatimuksista. Riittää, että jälkivalaisevat nauhat varataan normaalivalaistuksella. Tämä tarkoittaa sitä, ettei tavanomaista hätävalaistusta tarvitse mitoittaa suuremmaksi varaamisen vuoksi. /8/

DIN 67510 -standardissa /14/ on käsitelty tarkasti, miten jälkivalaisevia materiaaleja on testattava ja dokumentoitava. Tässä työssä on jäljempänä selvitetty materiaalien varaamiseen vaikuttavia asioita kohdassa 7.3.2.

Norjalaisessa ohjeluonnoksessa /31/ mainitaan, että valmistajan on huolehdittava siitä, että jälkivalaiseva materiaali testataan ja hyväksytään asianmukaisesti. Luonnoksessa on myös painotettu, että pelkästään jälkivalaisevalla materiaalilla toteutettu savuhätävalaistus ei voi toimia optimaalisesti muun ympäröivän valaistuksen ollessa kytkettynä. Tämän vuoksi jokaisella käytävällä on oltava oma katkaisijansa, josta muu valaistus saadaan sammutettua.

- Kohta 8.1 (sähköiset järjestelmät)

Kuten tulkintojen kohdassa 2.3 mainittiin, erillisiä akkuja savuhätävalaistusjärjestelmän virtalähteissä ei vaadita. Uusien laivojen savuhätävalaistus on tämän ohjeen mukaisesti kytkettävä laivan hätäjakeluverkkoon. Olemassa olevien aluksien savuhätävalaistus voidaan kytkeä normaalivalaistuksen verkkoon. Tällöin on kuitenkin käytettävä erillisiä akkuja, jotka pystyvät 60 minuuttia syöttämään järjestelmää normaalisyötön katkettua. Akut ovat tässä tapauksessa välttämättömiä, koska järjestelmässä ei muuten olisi varasyöttöä lainkaan. Järjestelmien on lisäksi tässä tapauksessa pystyttävä tuottamaan kohdan 8.2 valaistustekniset arvot akuilla toimiessaan.

Norjalaisen ohjeluonnoksen /31/ mukaan kaikilla sähköisesti toimivilla savuhätävalaistusjärjestelmillä on erikseen oltava omat itsenäiset akkunsat, jotka pystyvät syöttämään järjestelmää 60



minuutin ajan normaali-verkon tai hätäverkon rikkoonnuttua. Lisäksi esimerkiksi hyttikäytäviä olisi syötettävä molemmista päistä.

SOLAS-säännöissä ei suoraan mainita, että savuhätävalaistuksen olisi oltava kytkettynä samaan verkkoon normaalin hätävalaistuksen kanssa. Tämän voisi ymmärtää siten, että savuhätävalaistukselle voisi rakentaa oma runkoverkkonsa. Näin ollen keskusakuston kapasiteettia ei tarvitsisi tästä syystä mitoittaa korkeammaksi. On kuitenkin vähintäänkin kohtuullista, vaikkakin kallista, että savuhätävalaistus täyttää normaalille hätävalaistukselle asetetut vaatimukset, jolloin se saisi automaattisesti myös keskusakustosityötön. Käsitystä puolustaa myös se, että savuhätävalaistus on ymmärrettävä rinnakkaiseksi järjestelmäksi tavanomaiselle hätävalaistukselle, jolloin kaikki tätä koskevat vaatimukset automaattisesti koskisivat myös savuhätävalaistusta. /8/

Mikäli savuhätävalaistus kytketään normaalin hätävalaistuksen kanssa samaan verkkoon (ES3), on keskusakuston mitoituksessa huomioitava lisäkapasiteetin tarve, mikä saattaa muodostaa ongelmatilanteita, varsinkin jos keskusakusto on jo ylimitoitettu ennestään. /27,35/

• Kohta 8.2 (sähköisten järjestelmien luminanssi- ja valovoima vaatimukset)

Tässä kohdassa olevat arvot on saatu Norjassa suoritettujen kokeiden perusteella (ks diplomityön kohta 9.3). Mikäli laskennallisesti ja kokein osoitetaan, että savuhätävalaistusjärjestelmä ylittää kyseiset arvot, on se hyväksyttävä valaistuksen suhteen.

*Kohdan 8.2.1 vaatima luminanssiarvo ( $10 \text{ cd/m}^2$ ) Ylittyy LEDeillä käytännössä helposti. LEDien keskiakselilta mitattu luminanssi on luokkaa  $4\text{--}5 \text{ kcd/m}^2$ . Ohjeen kohdassa puhutaan aktiivisten osien luminansseista ja LED-nauhajärjestelmissähän yksittäinen LED on juuri kyseinen aktiivinen osa.*

EL-nauhoilla luminanssi on tasainen koko valonlähteen pinnalla. Vaadittu  $10 \text{ cd/m}^2$  koskeekin lähinnä EL-nauhoja, koska muilla tämän hetken järjestelmillä arvot ylittyvät käytännössä automaattisesti, kun noudatetaan niille erikseen asetettuja vaatimuksia (kohdat 8.2.2 ja 8.2.3). Järjestelmän luminanssin on oltava akkusyötöllä tunnin kuluttua yli  $10 \text{ cd/m}^2$ .

*Kohdassa 8.2.2 mainittu keskimääräinen pallovalovoima (mean sperical intensity) on se pistemäisen valonlähteen lähettämän valovoiman keskimääräinen arvo, jonka valonlähde lähettää ympärillensä joka suuntaan (ks. diplomityön määritelmät)*

*Kohdassa 8.2.3 mainittu "minimum peak intensity" tarkoittaa LEDin keskiakselilta mitattua maksimivalovoima-arvoa -ei pienintä valovoimaa, koska se on teoriassa aina nolla. LEDien valovoima mitataan yleensä keskiakselilta, jossa se myöskin on suurimmillaan. LEDit emittoivat valonsa keilamaisesti, ja valovoima pienenee keilan ulkoreunaan mentäessä. Puoliarvokulman (half intensity cone) suuruus määräytyy, kun valovoima on pudonnut puoleen keskiakselin maksimiarvosta. Puoliarvokulman on oltava sopiva tarkastelusuuntaan nähden, jotta LEDit olisivat havaittavia eri kulmista ja suunnista katsottuna. Asiaa on tarkemmin käsitelty tämän työn kohdassa 7.2.5.*

LEDien välinen etäisyys ei saa profiilissa olla  $300 \text{ mm}$ :ä suurempi. Toisaalta sallitaan katkos käytävän risteyksen kohdalla ( $1\text{--}2 \text{ m}$ ). Tätä voidaan pitää hyvin ristiriitaisena, mutta täytyy muistaa, että jossain raja on vedettävä. Yhden LEDin rikkoontuminen asennusvälin ollessa  $300 \text{ mm}$  ei voi olla edellisen perusteella liian vakavaa ja sen mukaan sääntöjen vastaista.

*Kohta 8.2.4 EL-järjestelmille on hieman hämmentävä. Ensisilmäyksellä saa sen käsityksen, että kyseisten järjestelmien virtalähteet on oltava varustettuja omilla akuillaan, jotta vaadittu tunnin toiminta-aika saavutettaisiin. Herää kysymys, miksi esimerkiksi LED-järjestelmillä ei ole vastaavanlaista vaatimusta. MKH:n /8/ mukaan kyseinen ohjeen kohta on turha, koska sama asia käy ilmi savuhätävalaistusohjeiden kohdassa 2.3. Tällä on ilmeisesti haluttu painottaa sitä, että EL-*



järjestelmän on teknisesti toimittava vähintään tunnin ajan valojen kytkemisestä lähtien ja pystyttävä tuottamaan riittävät luminanssit, koska elektroluminesenssille on ominaista, että luminanssi alenee ajan funktiona. /46/

Norjalaiset ovat lisänneet omaan ohjeluonnokseensa kohdan puolijatkuvien järjestelmien luminanssivaatimuksista. Kyseisen kohdan mukaan kaikilla tällaisen järjestelmän aktiivisilla osilla luminanssin tulee olla vähintään 20 cd/m<sup>2</sup> ja valaistavan alueen korkeus vähintään 5 cm ja pituus 200 mm. Valaisimien välinen etäisyys määritellään ohjeluonnoksen kohdan 4.2 tavalla /8/. Kyseisessä ohjeluonnoskohdassa on viitattu tässäkin työssä esiintyvään käyrään (vrt. diplomityön kohta 9.3.2).

#### • Kohta 8.3 (toimintahäiriöt)

Järjestelmän on toimittava määräysten mukaisesti myös yksittäisen valopisteen tai -nauhan rikkoontuessa. On tulkinnallista, miten LED-järjestelmässä yhden valopisteen rikkoontuminen vaikuttaa, jos asennusväli on 300 mm. Yhden valopisteen rikkoontuminen johtaisi 600 mm:n välimatkaan. Savuhätävalaistusohjeiden kohdan 4.2 mukaan yhtenäisesti jatkuva järjestelmä saa katketa hyttiovien kohdalla ja käytävien risteyksissä. Näissä kohdissa LEDien välinen etäisyys voi olla jopa kaksi metriä, ja kuitenkin järjestelmä on asennukseltaan hyväksyttävä, joten yksittäisen LEDin rikkoontuminen asennusvälin ollessa 300 mm ei tee järjestelmästä toimintakyvytöntä. Kyseinen kohta viittaa enemmänkin siihen, ettei yksittäisen valopisteen tai nauhan rikkoontuminen saa pimentää muita samaan virtapiiriin kuuluvia valaisimia ja näin aiheuttaa liian pitkiä katkoksia ja pimeitä pätkiä järjestelmässä. /8/

Yksittäisen valopisteen rikkoontuminen koskee enemmänkin puolijatkuvien järjestelmien valaisimia. Jos yksittäinen valaisin pimeytyy näissä, voi näiden välinen etäisyys muodostua liian suureksi, koska tiheässä savussa näkyvyys on luminansseista riippumatta hyvin pieni. Myös IEC 598-2-22 -standardissa /13/ sanotaan, että johonkin valaisimeen tullut vika ei saa vaikuttaa muihin samaan virtapiiriin liitettyihin valaisimiin. Vaatimus voidaan toteuttaa standardin määrittelemällä tavalla.

Valonauhojen (esim. LED ja EL) luotettavuutta voidaan lisätä syöttämällä niitä useammasta kohdasta, esimerkiksi molemmista päistään. Lloyd's:in vähimmäisvaatimus järjestelmän luotettavuuden kannalta onkin, että valonauhoja syötetään vähintään molemmista päistään /45/. Jos yhdellä paloalueella on kaksi hyttikäytävää tarvitaan näille Lloyd's:n mukaan molemmille omat virtalähteensä. Edellä mainittu syöttövaatimus voidaan toteuttaa syöttämällä toisen hyttikäytävän valaistusta myös toisen käytävän virtalähteestä.

Norjalainen ohjeluos /31/ täsmentää, että jos järjestelmä on valaisinyksikköjärjestelmätyyppinen tulee tämän säilyttää toimivuutensa, vaikka yksittäinen valaisin tai joku sen osa rikkoontuu. Käytännössä tähän vaikuttaa ratkaisevasti valaisimien asennusväli. Lisäksi vaaditaan, että käytävillä savuhätävalaistusta on syötettävä käytävien molemmista päistä olevista akuilla varustetuista virtalähteistä. käytännössä, jos yhdellä paloalueella on kaksi käytävää, tulee siis molemmilla käytävillä olla oma edellä mainittu järjestelynsä.

Yksittäinen akku tarkoittaa tässä yhteydessä lähinnä niitä valaisimien akkuja, joita käytetään vanhoissa laivoissa, kun järjestelmä ei ole kytkettynä aluksen hätäjakeluverkkoon (ks. savuhätävalaistusohjeen kohta 8.1). Akun rikkoontuminen saattaisi tällöin liian varhain pimentää esimerkiksi yhtenäisesti jatkuvan järjestelmän koko hyttikäytävän osuudelta, jos virtalähde akkuineen sijaitisi käytävän toisessa päässä.

Järjestelmän turvallisuutta ja luotettavuutta voidaan lisätä käyttämällä järjestelmien virtalähteissä akkuja, vaikkei niitä vaadita. Järjestelmä on silloin riippumattomampi muualla kauempana tapahtuvista vioista.



Savuhätävalaistusohjeen kohdassa 8.3 mainittua akkua ei tule väärin ymmärtää keskusakustoksi (central battery). Toiminnallinen häiriö keskusakustossa ei siis vastaa kohdassa mainittua tilannetta. /8/

Kansallisella tasolla voidaankin tulkita vaatimuksia akuista eri tavoin, mihin on kiinnitettävä erityistä huomiota järjestelmää suunniteltaessa ja valittaessa. Norjalaisten ohjeluonnoksessa /31/ on selkeä vaatimus, että virtalähteiden yhteydessä on oltava omat itsenäiset tunnin toimivat akkunsä.

Lloyd's:in luokituslaitos ei vaadi akkuja virtalähteissä. /45/

- Kohta 8.4 (turvavalaisinstandardi)

IEC 598-22-2 -standardin /13/ osassa 2 (Luminaires. Particular requirements for emergency lighting.) on käsitelty turvavalaisimia ja niiden rakenteellisia ominaisuuksia. Standardi on kansainvälinen ja sitä tulee noudattaa myös savuhätävalaistuksen osalta. Kyseisessä standardissa on käsitelty ainoastaan erillisiä turvavalaisimia ja vaatimukset koskevat sellaisia turvavalaisimia, joissa käytetään hehku-, loiste- tai purkauslamppuja ja jotka liitetään enintään 1000 V:n jännitteeseen. Standardi kaipaisi huomautuksia savuhätävalaistusjärjestelmissä käytettävistä valonlähteistä (esimerkiksi LED ja EL). Standardia sovelletaan niin pitkälle kuin on mahdollista. /18/

Savuhätävalaistuksen valaisimien ja jälkivalaisevien merkintöjen mekaanisen rakenteen on oltava luja, jotta ne kestäisivät kovan kulutuksen. Säännöllisesti reittiliikenteessä olevissa aluksissa saattaa esiintyä vandalismia, mikä osaltaan asettaa vaatimuksia kestävyysn suhteen.

- Kohta 8.5 (sähköiset häiriökentät)

Savuhätävalaistusjärjestelmien tulee olla myös IEC 945 -standardin /15/ mukaisia. Kyseinen standardi käsittelee tärinää ja sähköisiä häiriökenttiä (EMI). Jokainen savuhätävalaistusjärjestelmä on koestettava, että se täyttää kyseisen standardin vaatimukset.

- Kohta 8.6 (kotelointiluokka)

Kotelointiluokka IP 55 pätee kaikille järjestelmän osille. IMO:n perustelut tämän kotelointiluokan valinnalle oli, että vesisuihku voi aiheuttaa vaurioita järjestelmässä. /8/

Norjalaisessa ohjeluonnoksessa /31/ kotelointiluokkavaatimus on IP X5. Norjalaiset täsmentävät edelleen, että järjestelmän komponenttien on oltava mekaanisilta ominaisuuksiltaan kestäviä. Eli järjestelmän osat on kestävä räsitusn.

- Kohta 9.1 (viikottainen tarkastus)

Kohdan mukaan savuhätävalaistustaliteisto on tarkastettava viikottain. Lisäksi tarkastuksesta on pidettävä kirjaa. Kohdan vaatimus on työläs, koska tarkastus koskee järjestelmän kaikkia osia (all). Tarkastusmenettelyt vaihtelevat varmasti hyvinkin paljon eri tulkintojen mukaan. MKH:n mukaan ohjeen teksti ei kuitenkaan tarkoita sitä, että käännetään savuhätävalaistusohjeiden kohdassa 2.3 mainittua kytkintä ja katsotaan taulusta, että valot ovat päällä. /8/

Viikottaisessa tarkastuksessa kytketään järjestelmä testauksen ajaksi päälle, mikäli se on muuten ajoittain toimiva. Jos havaitaan puutteita, esimerkiksi valonlähde on pimeä tai syötössä on häiriöitä, on viat korjattava tai vaihdettava osat uusiin. On myös tärkeää, että järjestelmien osat puhdistetaan riittävän usein. /8/



- Kohta 9.2 (Huolto ja ylläpito)

Tässä kohdassa on lisää huoltovaatimuksia edellisen kohdan (9.1) lisäksi. Katsastus on syytä jaksottaa vuoden ajalle. Katsastuksen suoritustapa on kuitenkin vielä epäselvä. Lähinnä sen suhteen, tarkastetaanko koko laitos vuosittain vai tehdäänkö pistokokeita. /8/

Viiden vuoden huoltotarkastuksen yhteydessä mitataan järjestelmän luminanssi- ja/tai valovoima-arvot paikan päältä ja savuhätävalaistusohjeiden kohdan 8.2 arvot on edelleen täytyttävä. Jos yksittäinen mittaustulos jää alle vaatimusten on tehtävä lisäkokeita. Näillä pyritään tarkemmin määrittämään, kuinka suuresta luminanssin (valovoiman) alenemasta on kyse. Jos nyt näistä kymmenestä uudesta mittaustuloksesta 30 % jää alle vaatimusten on savuhätävalaistuksen valonlähde (valolähteet) siltä osin vaihdettava uuteen. Sitä ei tarvitse heti vaihtaa, mikäli tuloksista 20-30 % jää alle vaatimusten. Tässä tapauksessa on kuitenkin uudet mittaukset tehtävä vähintään vuoden sisällä. Jos tuloksista alle 20 % jää alle vaatimusten, ei tarvitse uusia mittauksia tehdä, eikä osia vaihtaa. Tällöin järjestelmä on periaatteessa valaistusteknisesti hyväksyttävä seuraavaksi viideksi vuodeksi.

Jos virtalähteissä on akut, on näiden toiminta testattava valmistajan antamien ohjeiden mukaisesti. Akun toiminta ylipäänsä testataan tiheämmin, jotta se kykenee purkaamaan jännittensä. Myös valmistajan teknisissä tiedoissa luvattu akun kokonaispurkaus aika on testattava sopivin aikavälein, jotta voidaan taata, että ne hätätilanteessa toimivat vaaditun ajan (60 min). Akkuja testattaessa on huomioitava, että niitä varataan riittävän kauan ennen kuin kokeita tehdään. Akut on vaihdettava vähintään valmistajan ilmoittaman ajan välein. Myös määräysten asettamat ajat on huomioitava.

Virtalähteet katsastetaan säännöllisesti. Visuaalisesti todetaan, että kotelo ja kaapelointi ovat kunnossa. Jos virtalähteessä on toimintaa osoittava merkkivalo, on tarkastettava, että se toimii oikealla tavalla. Virtalähteen sisältä katsastetaan johdotusten ja eri komponenttien kunto. Liitokset ja johtimien päät on oltava turvallisia.

Norjan savuhätävalaistusohejeluonnosten /31/ mukaan kaikki savuhätävalaistuksen automaattiset toiminnot tulee testata kerran vuodessa. Lisäksi täsmennetään, että katsastuksen rutiinit tulee olla osana laivan muuta tavanomaista huoltoa.

Viranomaisten taholta ei ole vielä selkeää ohjetta tarkastustoimenpiteistä ja laitteistosta annettu, joten tässä vaiheessa on niitä mahdotonta esittää tarkemmin. Asiaa on tutkittava huolella.

#### 6.4 Lisähätävalaistuksen tulkintoja

Seuraavassa on esitetty MKH:n ja diplomityöntekijän omia tulkintoja lisähätävalaistussäännöistä. Koska tulkinnat vaihtelevat kansallisella tasolla suuresti, on yhtä totuutta mahdotonta esittää. Alla olevat tulkinnat antava kuitenkin pienen käsityksen lisähätävalaistuksen merkityksestä ja kuinka sitä on sovelletava ro-ro-matkustajalaivoissa. SOLAS-sääntö II-1/42-1 /22/ koskee kaikkia kansainväliseen liikenteen matkustaja-aluksia, joissa on ro-ro-lastitiloja tai erityislastitiloja (autokansia yms.). Täten sääntö ei koske rahtilaivoja eikä myöskään risteilijöitä. Uusiin ro-ro tyyppisiin matkustaja-aluksiin sääntöä on alettu soveltaa 22.10.1989 alkaen ja vanhoihin aluksiin 22.10.1990 alkaen. /22/

Lisähätävalaistuksessa saatavan valaistuksen on oltava sellainen, että kulku poistumisteille havaitaan helposti. MKH:n mukaan kaikki matkustajien käyttämät poistumistiet on merkittävä, näitä ovat kaikki yleisötilat, käytävät ja portaikot. Valonlähteiden määrästä ei ole erillistä mainintaa, mutta periaatteessa kulkureiteillä on oltava aina riittävästi valaistusta ja poistumistie on oltava erotettavissa joka hetki. Valonlähteet voivat kuitenkin olla etäämmällä toisistaan kuin savuhätävalaistuksessa, koska lisähätävalaistuksessa ei oteta huomioon savun vaikutusta (näkyvyys parempi). /8/



Lisähätävalaistuksen on osoitettava esteetön kulkureitti, mikä edellyttää mm. myös ravintoloiden sisäisten käytävien osoittamista riittävän selvästi. Jotta lisähätävalaistuksesta olisi hyötyä myös tulipalotilanteessa, on valonlähteet hyvä sijoittaa mahdollisimman alas (lattiatasoon tai enintään 500 mm korkeuteen kannesta). Tosin sääntötekstissä ei mainita asennuskorkeudesta mitään, mikä tarkoittaa sitä, että valaisimet saa asentaa myös ylös. Periaatteessa lisähätävalaistuksen valonlähteet voivat sijaita normaalin hätävalaistuksen tavoin katossa. /8/

Valonlähteiden sijoituksessa olisi hyvä huomioida myös arkkitehtooniset seikat, jotta lisähätävalaistus ei häiritse esimerkiksi esityksiä, joissa valaistustaso pidetään alhaisena. /8/

Lisähätävalaistuksessa on valaisinyksiköissä oltava vähintään kolme tuntia toimivat itsenäiset akut. Akut vaaditaan, toisin kuin savuhätävalaistuksessa, vaikka järjestelmä kytkettäisiin hätäjakeluverkkoon. Akkujen valmistajan tulee esittää vaihtoväli eri olosuhteissa sekä mahdolliset muut käyttörajoitukset. /8/

Lisähätävalaistuksen lamppuvika on ilmentävä jollakin tavalla. Olisi hyvä, jos olisi kansainvälisellä tasolla ohjeet tämän toteuttamiseksi. /8/

Lisähätävalaistus voidaan viranomaisen tulkinnan mukaan totettaa jälkivalaisevin merkinnöin. Jälkivalaisevuuteen perustuvat materiaalit on sijoitettava siten, että ne saavat varauksensa normaalista valaistuksesta. Jälkivalaisevan materiaalin on lisähätävalaistuksessa oltava tehokkaampaa kuin savuhätävalaistuksessa. MKH:lla tarkat arvot on määritelty jälkivalaisivien asennustapaohjeissa /7/. MKH voi hyväksyä aluksessa käytettäväksi samanaikaisesti sähköistä lisähätävalaistusta jälkivalaisevia materiaaleja. /8/

Siirrettäviä turvavalaisimia on sijoitettava miehistön käytössä oleviin käytäviin, porraskäytäviin, ajanviettiloihin ja yleensä miehitettyihin työskentelytiloihin. Siirrettäviä turvavalaisimia ei tarvita niissä tiloissa, joissa on jo edellä esitelty lisähätävalaistus. /8/

Siirrettävien turvalaisinten on toimittava vähintään kolme tuntia ja niiden on oltava ladattavia ja vesitiiviitä. Kyseisten valaisimien on oltava sijoituspaikallaan telineessä kytkettynä latauslaitteeseen. MKH voi hyväksyä siirrettäväksi turvavalaisimeksi muunkin kuin sähköisen valaisimen. /8/

MKH:ssa on laadittu jälkivalaiseville materiaaleille asennustapaohjeet (luonnos). Kyseiset ohjeet koskevat ainostaan Suomen lipun alla kulkevia aluksia. Joissakin valtioissa jälkivalaisevia merkintöjä lisähätävalaistuksessa ei välttämättä hyväksytä lainkaan /8/.

Jälkivalaisivien materiaalien asennusohjeiden /7/ mukaan kaikki poistumistiet on osoitettava jatkuvin, selvin merkinnöin. Kulkuteillä olevat esteet on myös merkittävä helposti havaittavalla tavalla. Jälkivalaisevat merkinnät on sijoitettava mahdollisimman alas laipioon tai kanteen. Normaalin valaistuksen on kyettävä varaamaan jälkivalaiseva materiaali. Käytettävän jälkivalaisevan materiaalin on annettava aluksella riittävästi valoa vähintään kolmen tunnin ajan aktiivoinnin poistuttua. Pääpoistumissuunta merkitään jälkivalaisevaan nauhaan kokovärisellä nuolella ja toisisijainen poistumissuunta katkonaisella. Merkinnän nauhaleveyden on yleensä oltava vähintään 50 mm. Merkintöjen jatkuvuuden on säilyttävä kalustuksesta riippumatta. /7/

Käytävällä merkinnät on oltava molemmin puolin. MKH voi poikkeustapauksissa sallia käytettäväksi ainoastaan toispuolista merkintää kapeilla ja harvakeen käytetyillä käytävillä. Toispuoleista merkintää käytettäessä käytävällä on risteykseen tehtävä vähintään 500 mm:n kulmanylytys. Poistumissuuntaa osoittavat nuolet eivät saa käytävällä olla muissa kuin poistumisovissa. Oivissa mahdollisesti olevat merkinnät on tehtävä siten, että ne eivät aiheuta sekaannusta oven eri asennoissa. Portaikossa merkinnän on oltava portaan molemmin puolin tai kullakin askelmalla askelman etureuna merkittynä koko leveydeltään. Merkintätavalla havainnollistetaan portaikon nousu- ja laskujyrkkyys. Hätätiekuiluissa merkintöjen on oltava vastaavia kuin muissakin portaikoissa. /7/



Oven reunus merkitään jatkuvana karmiin sivuille ja ylös. Ovenkahva merkitään ympäröimällä kahva merkinnällä tai koko kahvan tausta. Liukuoven ovilehteen on myös merkittävä oven avautumissuunta nuolella ja tekstillä tai opastavalla symbolilla. /7/

Sauna merkitään pukuhuoneesta alkaen. Poistumisopasteet ainoastaan ovilla riittävät. Yleisissä käymälöissä merkintä laitetaan poistumisoven luo. Ravintoloissa, myymälöissä ja työskentelytiloissa sekä varastotiloissa, joiden pinta-ala on yli 50 m<sup>2</sup>, merkintöjen on oltava jatkuvia pääkäytäviä pitkin poistumisoville. /7/

Valmiille tuotteelle on oltava tehty koe standardin DIN 67510 /14/ mukaisesti. Pelkälle väriaineelle suoritettu koe ei ole riittävä. Jälkivalaisevan materiaalin luminanssin on oltava kokeessa aktivoinnin poistutua 240 minuutin kuluttua vähintään 0,3 mcd/m<sup>2</sup>. Koeraportti on oltava aluksella. Materiaali ei saa olla herkästi syttyvää eikä paloa levittävää, ja sen on kestävä normaali käyttö- ja meriolosuhteet. Erityisesti korostetaan, että materiaali ei saa vanheta UV-säteilyssä. /7/

## 6.5 Lisähätävalaistus savuhätävalaistuksena

Savuhätävalaistusohjeiden kohdassa 2.2 sallitaan, että ro-ro- matkustajalaivoihin vaadittu lisähätävalaistus voi, joko osittain tai kokonaan korvata savuhätävalaistuksen. Itse asiassa savuhätävalaistus koskee yhtä lailla ro-ro-matkustajalaivoja kuin risteilijöitäkin, koska ohjeiden mukaan se on asennettava kaikkiin yli 36 henkilöä kuljettaviin matkustaja-aluksiin. Ro-ro-matkustajalaivoihin on näin ollen sovellettava sekä lisä-, että savuhätävalaistuksen vaatimuksia. Lisäksi ro-ro matkustajalaivoja koskee myös normaalin hätävalaistuksen säännöt, joten kaiken kaikkiaan hätävalaistusjärjestelmätyyppinä on yhteensä kolme. Sääntöjä sovelletaan siten, että kaikissa niissä tiloissa, joissa vaaditaan pelkästään savuhätävalaistusta huomioidaan savuhätävalaistuksen vaatimukset, pelkästään lisähätävalaistusta vaadituissa tiloissa sovelletaan ainoastaan lisähätävalaistusta koskevia sääntöjä. Jos ja kun säännöt puhuvat samoista tiloista (esimerkiksi hyttikäytävät), on molempien vaatimukset täyttyvät.

Seuraavassa on esitetty ajatuksia, joita tulee huomioida, kun halutaan vaatimukset täyttävä savuhätävalaistusjärjestelmä uusiin ja olemassa oleviin ro-ro-matkustajalaivoihin. Molempia järjestelmiä on erikseen käsitelty edellä. Periaatteessa savuhätävalaistusohjeisiin olisi paikallaan lisätä erikseen ohjeet siitä, miten savuhätävalaistusta on käsiteltävä yhdessä lisähätävalaistuksen kanssa, koska tällä hetkellä tulkinnat ovat vielä arvailujen varassa, eikä yhtenäistä linjaa vielä ole olemassa. Lisähätävalaistuksen säännöt on toisin kuin savuhätävalaistuksen laadittu savuttomia olosuhteita ajatellen. Näin ollen lähtökohdat ovat hyvin erilaiset, mikä tietysti näkyy säännöissä.

Lisähätävalaistusta vaaditaan myös miehistötiloihin. Savuhätävalaistuksella ei ole tällä hetkellä mitään vaatimusta näiden tilojen suhteen, mutta niitä ollaan valmistelemassa IMO:ssa. Lisähätävalaistus on kuitenkin näihin tiloihin asennettava, joko samalla tavalla kuin muihinkin vaadittuihin tiloihin tai sijoittamalla siirrettäviä turvavalaisimia määrättyihin paikkoihin. Lisähätävalaistus koskee myös muita tiloja, jonne savuhätävalaistus ei ulotu. Näitä ovat esimerkiksi autokannet ja kone- ja työskentelytilat.

Itse asennuskorkeudelle lisähätävalaistuksessa ei ole samalla tavalla rajoitteita kuin savuhätävalaistuksessa. On tietysti suuri etu, jos lisähätävalaistuksen valaisimet on asennettu korkeintaan 300 mm lattiatasosta, koska tällöin niitä voidaan suoraan käyttää osana savuhätävalaistusta, mikäli muut vaatimukset täyttyvät. Sijaitessaan korkeammalla kuin 300 mm, joudutaan muutostöitä varmasti tekemään. /8/

Vanhoissa ro-ro matkustaja-aluksissa lisähätävalaistus on toteutettu monasti ylös asennettavilla valaisinyksikkötyyppisillä turva- tai merkkivalaisimilla. Lisähätävalaistus voi olla toteutettu myös jälkivalaisevilla nauhamerkinnöillä. Lisähätävalaistuksen valonlähteet sijaitsevat yleensä poistumistien kriittisimissä kohdissa eli poistumisovien luona, ja paikoissa, joissa joudutaan



poistumisen kannalta tekemään valintoja (esimerkiksi käytävien risteykset). Katossa tai sen läheisyydessä ollessaan niitä ei suoranaisesti voida käyttää savuhätävalaistuksessa. Periaatteessa siirtämällä kyseiset valaisimet lattianrajaan, niitä voitaisiin hyödyntää, mutta tämä ei liene käytännöllistä. Toisaalta voitaisiin ajatella, että kyseisten valaisimien akkusoitto siirrettäisiin uuteen lattianrajassa olevaan valaisimeen. /8/

Jos lisähätävalaistuksen valonlähteet on asennettu savuhätävalaistusohjeiden mukaisesti, ne voivat omalta osaltaan korvata savuhätävalaistuksen valonlähteen. Mikäli savuhätävalaistusjärjestelmäkin on puolijatkuva, voi lopputulos vaikuttaa yhtenäiseltä. Mikäli savuhätävalaistusjärjestelmä puolestaan on yhtenäisesti jatkuva, lisähätävalaistuksen valonlähteet voivat olla korvaavina esimerkiksi poistumisovien luona. /18/

Lisähätävalaistuksen valaisinyksiköiden akkuja on sääntöjen mukaisesti varattava hätäjakelutaulun kautta /18/. Säännöt sallivat myös poikkeuksia, jolloin se voidaan kytkeä esimerkiksi normaalin valaistuksen verkkoon. Savuhätävalaistus saa vanhoissa laivoissa olla kytkettynä normaalin valaistuksen verkkoon, jolloin vaaditaan kuitenkin vähintään tunnin itsenäisesti toimivat akut. Koska nyt ro-ro-matkustaja-aluksissa on periaatteessa yhteensä kolme eri hätävalaistusjärjestelmää, voidaan näiden luotettavuutta parantaa kytkemällä järjestelmiä eri verkkoihin, jolloin vika yhdessä verkossa ei vaikuta toiseen järjestelmään. Toisaalta voidaan ajatella, hätävalaistusjärjestelmien olisi oltava samantasoisia, jolloin ne olisi hyvä kytkeä samaan verkkoon.

Mikäli lisähätävalaistus on toteutettu vanhoissa aluksissa jälkivalaisevilla lattianrajaan sijoitetuilla nauhamerkinnöillä, voi askel savuhätävalaistukseen olla pieni. On tietysti tulkinnallista, miten viranomaiset suhtautuvat, jos sekä lisä-, että savuhätävalaistus ovat jälkivalaisevia, mutta SOLAS-säännöt mahdollistavat kuitenkin kyseisen asennustavan. /8/

Uusien ro-ro-matkustajalaivojen rakennusvaiheessa on helpompaa sovittaa yhteen savu- ja lisähätävalaistusvaatimukset. Esimerkiksi poistumisovien luona olevat merkkivalaisimet voidaan varustaa kolme tuntia toimivilla akuilla.

Lisähätävalaistuksen säännöt koskevat myös portaikkoja. Tällöin on huolehdittava, että sinnekin järjestetään kolmen tunnin akkuvarmennus. Eräs järkevä tapa uusissa laivoissa hoitaa portaikkojen valaistus on asentaa lisähätävalaistuksen mukaiset merkkivalaisimet (3 h:n akkuvarmennus) savuhätävalaistusohjeiden tulkintojen mukaisesti eli alas, mahdolliselle välitasanteelle sekä ylös, jolloin molempien säännöt toteutuvat samanaikaisesti.

## 6.6 Yhteenveto

Savuhätävalaistuksen tulkinnat ovat vasta muovautumassa. Viranomaisilla ei ole tällä hetkellä muuta yhtenäistä linjaa tulkintoissaan kuin IMO:n julkaisemat savuhätävalaistusohjeet. Tämän työn tulkintojen perusteena on käytetty lähinnä MKH:n /8/ kannaoitoja sekä Lloyd's:ilta /45/ viime hetkellä tullutta telekopiota. Tosiasia on, että tulkinnat tulevat poikkeamaan kansallisella tasolla huomattavasti. Esimerkiksi näyttää siltä, että norjalaiset /31/ ovat vaatimassa savuhätävalaistusjärjestelmiltä enemmän kuin muut tahot.

Suurimmat tulkinnalliset ongelmat liittyvät siihen, miten järjestää sähköisen savuhätävalaistusjärjestelmän tehonsyöttö. Ei ole yksiselitteistä, tuleeko savuhätävalaistuksella olla sama puolen tunnin akustovarmennus, kuten normaalilla hätävalaistuksella. Toinen sähkönsyöttöön liittyvä ongelma on se, miten savuhätävalaistusta on syötettävä paloalueittain. Esimerkiksi, jos yhtenäisesti jatkuvaa savuhätävalaistusta syötetään käytävien molemmista päistä, ja valonauhassa sattuu oikosulku, voi käytävä pimeytyä kokonaan tämän seurauksena. Olisi tärkeää määritellä, kuinka suuri ja minkä tyyppinen vika korkeintaan saa olla, eli kuinka pitkä osa valonauhasta saa olla pimeänä ja millä perusteella.



Kolmas suuri tulkinnallinen kysymys liittyy laivan yleisötiloihin ja niiden merkitsemiseen savuhätävalaistuksella. Kyseisillä alueilla savuhätävalaistus on asennettava tapauskohtaisesti ja kuitenkin asennuksesta saatava hyöty voi jäädä hyvinkin pieneksi ja epämääräiseksi. On tärkeää, että viranomaiset antavat selkeän ohjeen, miten näitä tiloja on käsiteltävä. Matkustajalaivoissa yleisötilojen osuus on suhteellisen suuri ja näiden vaikutus savuhätävalaistuksen lopulliseen kustannukseen on huomattava.

On toisaalta hyvä, että tulkintoja on monenlaisia, sillä niiden kautta savuhätävalaistusjärjestelmät kehittyvät ja muokkautuvat. IMO:n tarkoituksena onkin, ettei savuhätävalaistusohjeita lueta liian kirjaimellisesti. Savuhätävalaistusohjeiden tarkoituksena on olla savuhätävalaistusajattelun perustana ja antaa järjestelmien kehittymiselle oikeat lähtökohdat ja suuntaviivat. Tämän johdosta päättävät viranomaiset ottavat tällä hetkellä hyvin ja mielellään huomioon erilaisia näkökulmia. /8/

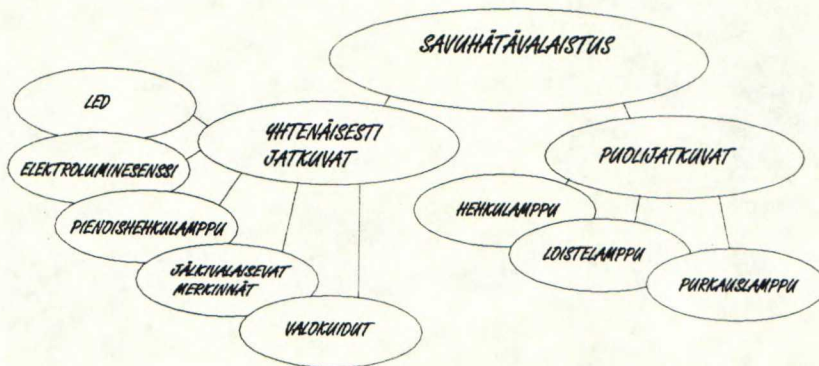
TKK SAHKOTEKNIKAI.  
OSASTON KIRJASTO  
OTAKAARI 5 A  
02150 ESPOO



## 7 SAVUHÄTÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄT

### 7.1 Yleistä

IMO:n resoluutiot /22/ jakavat savuhätävalaistusjärjestelmät kahteen ryhmään valonlähteiden valontuoton perusteella. Jako tehdään sähköisesti syötettäviin- ja jälkivalaiseviin järjestelmiin. Sähköisissä järjestelmissä tehoa tarvitaan jatkuvasti valonlähteiden näkymiseksi. Jälkivalaisevissa järjestelmissä tarvitaan myös sähköä, mutta ainoastaan materiaaleja ympäröiville valonlähteille, jotta ne pystyisivät riittävästi varaamaan jälkivalaisevat materiaalit kylläiseen tilaansa. Molemmilla järjestelmätyypeillä on säännöissä omat vaatimuksensa, joten on tarpeen keskittyä näihin erikseen. Savuhätävalaistusjärjestelmät voidaan jakaa niissä käytettävien valonlähteiden mukaan. Kuvan 16 tyypit edustavat tämänhetkistä savuhätävalaistustarjontaa. LEDit ja EL-nauhat ovat tällä hetkellä kovimmat kilpailijat yhtenäisesti jatkuvien järjestelmien valonlähteistä. Oman ryhmänsä muodostavat tavanomaiset merkki- ja turvavalaisimet, joita voidaan käyttää, mikäli ne todetaan riittävän valaiseviksi savuisissa olosuhteissa.



Kuva 16. Savuhätävalaistusjärjestelmät ja niiden jakaantuminen valonlähteiden mukaan.

### 7.2 Sähköiset järjestelmät (Electrically powered=EP-systems)

#### 7.2.1 Yleistä

Sähköiset järjestelmät saavat syöttönsä laivan sähköverkosta. Sähköisesti syötetyn järjestelmän valonlähteet voivat olla jatkuvatoimisia tai ajoittain toimivia, manuaalisesti kytkettäviä. Kyseiset järjestelmät kytketään uusissa laivoissa hätäjakeluverkkoon, jolloin ne saavat normaalitilanteessa syöttönsä normaaliverkosta ja hätätilanteessa hätägeneraattorista sekä keskusakustosta.

#### 7.2.2 Hätävalaistusjärjestelmien jako tehonsyötön perusteella

Matkustajalaivojen savuhätävalaistuksen tehonsyöttö voidaan toteuttaa keskitetysti varavaimageneraattori- ja keskusakustoperiaatteella. Järjestelmä voidaan myös toteuttaa valaisinyksikköjärjestelmäperiaatteella, jolloin virtalähteet sijaitsevat valaisimien välittömässä läheisyydessä. Standardin SFS 4640 /42/ määrittelemät energiansyöttöjärjestelmätyypit maapuolen merkki- ja turvavalaisimille soveltuvat periaatteeltaan myös laivoissa käytettävään hätävalaistukseen ja savuhätävalaistukseen.

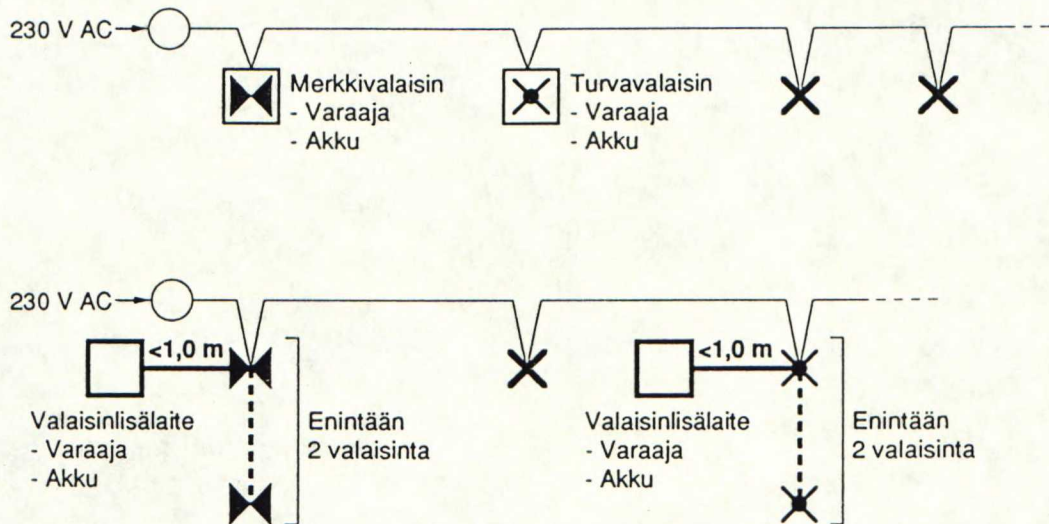
Keskusakustojärjestelmässä valonlähteillä on virtalähtenään yhteinen akusto varauslaitteineen. Valonlähteet saavat syöttönsä normaaliverkosta, samalla keskitettyä akustoa varataan varaajalla. Hätätilanteessa syöttö siirtyy keskusakustolle. Keskusakustojärjestelmissä voidaan käyttää mm. seuraavia paikalliskäyttöön tarkoitettuja akustotyyppiejä: ladattavia alkaliparistoja, suljettuja alkali-



ja lyijyakkuja, avoimia alkali- ja lyijyakkuja. Akustojen tulee säilyä käyttökelpoisina vähintään standardien vaatimusten ajan. Akustojen nimellijännitteeksi valitaan jokin seuraavista standardijännitteistä: 24, 48, 60, 110 tai 220 V (suuremmissa laivoissa yleensä 220). Hätävälaituksen verkko on laivoissa kytkettynä keskusakustoon. Näin ollen kytkettäessä savuhätävälaitus samaan verkkoon hätävälaituksen kanssa se saa automaattisesti myös keskusakustosityön.

Keskusvaraaajajärjestelmässä jokaisella valaisimella on oma akkunsaa, mutta näitä varataan yhteisellä varaaajalla. /28,42/

Valaisinyksikköjärjestelmässä jokainen valaisin on itsenäisesti toimiva. Valaisimissa on akku, latauslaite ja kytkinlaitteet valaisinkohtaisina tai enintään kahdelle valaisimelle. Valaisinyksikköjärjestelmän komponentit voivat sijaita myös itse valonlähteen välittömässä läheisyydessä, ei kuitenkaan liian etäällä (korkeintaan 1 m:n etäisyydellä). Valaisinyksikköjärjestelmän periaate selviää kuvasta 17. /28,42/



**Kuva 17.** Valaisinyksikköjärjestelmän periaate. Järjestelmässä virtalähteet akkuineen sijaitsevat paikallisesti valonlähteen välittömässä läheisyydessä. /28/

Varavoimageneraattorijärjestelmässä tarvittava sähkö turvavalaisimille tuotetaan erillisellä varavoimakoneistolla, laivoissa hätägeneraattorilla. Varavoiman jakeluverkon pääjohdot on pyrittävä asentamaan mahdollisimman erilleen muun verkon johdoista, jotta välttyttäisiin samanaikaisilta vaurioilta. /28,42/

Laivoissa SOLAS-säännöt vaativat, että hätävälaitus ja savuhätävälaitus (uudet laivat) on tarvittaessa saatava syöttönsä hätägeneraattorilta eli tehonsyöttö tapahtuu edellä esitetyn varavoimageneraattorijärjestelmän mukaisesti. Lisäksi sääntöjen mukaan hätävälaituksen on oltava kytkettynä keskusakustoon, jolloin tämän osalta on sovellettava keskusakustojärjestelmää. On järkevää kytkeä savuhätävälaitus samaan verkkoon hätävälaituksen kanssa, jolloin keskusakusto automaattisesti syöttää myös tätä. Mikäli savuhätävälaituksessa käytetään valaisinyksikköjärjestelmäperiaatetta, voidaan keskusakustosityttö jättää pois. Paikallisissa virtalähteissä on tällöin kuitenkin oltava itsenäiset akut korvaamassa 0,5 h:n syöttöä edellyttäen, että keskusakustosityttö ylipäänsä vaaditaan viranomaisen taholta.



### 7.2.3 Yhtenäisesti jatkuvat- ja puolijatkuvat järjestelmät

Savuhätävalaistusohjeiden /18/ mukaan sähköiset järjestelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään sen mukaan, miten järjestelmien valonlähteet on tarkoitettu asentaa ja sijoittaa. Tässä työssä järjestelmät on suomennettu yhtenäisesti jatkuviksi- sekä puolijatkuviksi järjestelmiksi.

Yhtenäisesti jatkuvia ovat ne järjestelmät, jotka sääntöjen mukaisesti muodostavat jatkuvan valokuovan ja jonka ajatuksena on opastaa henkilöt savuisesta tilasta ulos, siten että he näkevät juovan läheltä jatkuvasti. Pitkiä katkoksia juovassa ei sallita, koska tällöin katsotaan, että järjestelmän toimivuus opastajana kärsii. Katkoksia saa savuhätävalaistusohjeiden mukaan olla ainoastaan ovien kohdalla ja käytävien risteyksissä. Tarkkaa pituutta ei ole määritelty missään. Järjestelmissä valonlähteet voivat olla asennettuina profiiliin, jolloin pitkien valaisinnauhojen muodostaminen helpottuu. Yhtenäisesti jatkuvista järjestelmistä keskenään tällä hetkellä kovimmin kilpailevat LEdeillä ja EL-nauhoilla toteutetut järjestelmät. Myös pienoishehkulamput, valokuidut sekä jälkivalaisevat nauhat soveltuvat kyseiseen tarkoitukseen.

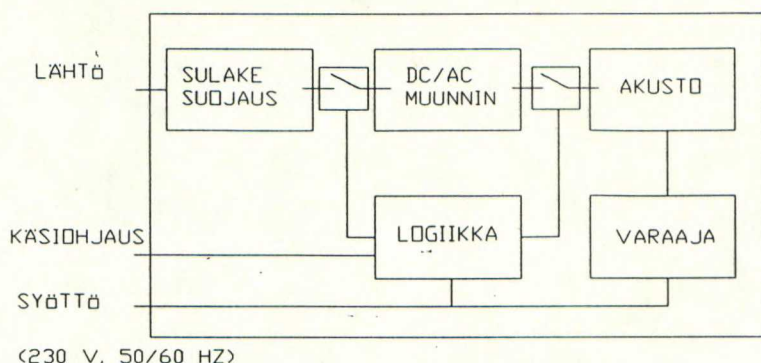
Savuhätävalaistus voi olla toteutettu erillisillä turva- tai merkkivalaisimilla (IEC 598-2-22:n /13/ mukaisia), jotka on asennettu tilaan tietyn määrävälein. Järjestelmät perustuvat siihen, että niiden valonlähteet tuottavat poistumistielle tietyn valaistusvoimakkuuden, oleellisesti suuremman kuin, mitä yhtenäisesti jatkuvat järjestelmät tuottavat, ja ovat siten näkyviä vaikka yhtenäisesti jatkuvaa valokuovaa ei samalla tavalla kuin yhtenäisesti jatkuvissa järjestelmissä aikaansaadakaan. Kyseisiä järjestelmiä kutsutaan tässä työssä puolijatkuviksi, koska niiden valonlähteet sijaitsevat etäämmällä kuin yhtenäisesti jatkuvien valonlähteet. Periaate jatkuvuudesta on molemmille järjestelmätyypille kuitenkin sama: molemmille asetetaan savuhätävalaistussäännöissä (liite 1.) ja -ohjeissa (liite 2.) samat vaatimukset. /10/

Puolijatkuvat järjestelmät on erikseen testattava, jotta ne voitaisiin todeta riittävän näkyviksi savuisissa olosuhteissa. Tässä työssä on esitelty VTT:n tapa suorittaa kyseinen testaus kohdassa 9.4. Tausta-ajatuksena puolijatkuvilla järjestelmillä on yksinkertaisesti se, että todellisessa tilanteessa edellisestä valaisimesta näkyisi seuraava ja niin edelleen ottaen huomioon eri savuntiheydet.

### 7.2.4 Virtalähteet

Erään valmistajan EL-järjestelmän virtalähteen lohkokaavio on kuvan 18 mukainen. Kuvan 18 mukaan logiikka hoitaa eri tilanteissa kytkennän muutokset ja siirtää tarvittaessa syötön akustolle, jota normaalitilanteessa ladataan varaajan kautta. Häätätilanteessa, syötön katkettua, akusto syöttää tasavirtaansa sille ominaisen määrätyn ajan (kaupallisissa virtalähteissä yleensä 60 min). Tasavirta vaihtosuunnataan ja jännite sekä taajuus muunnetaan valonlähteille sopivaksi. Virtalähteen ulostulossa on ylivirtasuojat mahdollisia vikatilanteita ajatellen, sillä EL-nauhat eivät kestä suuria virtapiikkejä. Virtalähteessä voi myös olla erillinen kytkin, josta järjestelmä saadaan paikallisesti aktivoitua. Koko järjestelmän on voitava aktivoida savuhätävalaistusohjeiden mukaisesti yhdellä kytkimellä valvotusta tilasta (komentosillalta). EL-järjestelmän virtalähteen sisääntulojännite on tyypillisesti 120/230 V, 50/60Hz. Ulostulojännite riippuu halutusta valaistustasosta ja EL-nauhan tyypistä, mutta tyypillisesti se on 150 V, 400 Hz.





**Kuva 18.** Lohkokaavioesimerkki EL-järjestelmän virtalähteestä.

LEDejä voidaan syöttää joko tasa- tai vaihtojännitteellä. Periaatteessa syöttäväksi yksiköksi riittää pelkkä muuntaja, mutta luotettavuuden lisäämiseksi myös LEDien virtalähteet sisältävät logiikkaa ja suojausosia.

Markkinoilla olevilla tehokkaammilla (kalliimmilla) virtalähteillä pystytään syöttämään pidempiä valonauhoja (yli 100 m), kun taas teholtaan pienemmillä, päästään ainoastaan noin 30 m:n pituuksiin. Tyypillisellä paloalueella, jonka pituus saa korkeintaan olla 40 metriä, yhtenäisesti jatkuvaa valonauhaa laskettiin tarvittavan noin 80 m, jolloin tehokkaampia virtalähteitä tarvittaisiin teknisesti ajateltuna korkeintaan yksi koko paloalueella, kun puolestaan pienempitehoisia tarvittaisiin 3-4 kappaletta. Edellä esitetyn perusteella on pääteltävissä, että mitä vähemmän virtalähteitä viranomaiset hyttialueelle vaativat, sitä vartenotettavammiksi tehokkaammat virtalähteet muodostuvat. Toisaalta, mitä enemmän niitä hyttialueelle vaaditaan, sitä "ylimääräisempiä" niissä olevat ominaisuudet ovat, jos ajatellaan asiaa minimimääräysten kannalta.

Mikäli esimerkiksi LED-valonauhaa halutaan syöttää molemmista päistään on varmistuttava siitä, että virtalähde on siihen kykenevä, ts virtalähteiden on pystyttävä rinnan kytkettyinä syöttämään samaa kuormaa.

## 7.2.5 Valonlähteet

### 7.2.5.1 Yleistä

Savuhätävalaistus voidaan toteuttaa monella valonlähdetyyppillä. Yhtenäisesti jatkuvia järjestelmiä voidaan periaatteessa tehdä mm. LEDeillä, EL-nauhoilla, hehkulampuilla ja valokuiduilla. Puolijatkuvissa järjestelmissä käytetään yleisimmin hehku- (esim. krypton) ja TC-kantaisia loistelamppuja. Käytettävistä valonlähteistä ei ole olemassa erillistä sääntöä, joten periaatteessa esimerkiksi EL-nauha voi olla sopiva myös puolijatkuvien järjestelmien valonlähteeksi, edellyttäen kuitenkin, että sille tehdään standardinmukaiset testit.

Valonlähteiden ominaisuudet vaihtelevat monessa suhteessa. Jotta niiden välillä voitaisiin tehdä vertailuja, on ominaisuuksista selvittävä olennaisimmat, kuten esimerkiksi rakenne, valaistustekniset arvot, elinikä ja tehonkulutus. Ominaisuuksia on syytä verrata savuhätävalaistusohjeissa annettuihin vaatimuksiin ja ainakin nämä arvot tulisi täyttyä. Kaiken taustana on ajatus siitä, että valonlähde näkyisi savussa. Tässä työssä tarkastelu keskittyy valonlähteiden osalta LEDeihin ja EL-nauhoihin. Myös optisten kuitujen soveltuvuutta savuhätävalaistuksessa on arvioitu. Jälkivalaisevia järjestelmiä tarkastellaan erikseen jäljempänä.



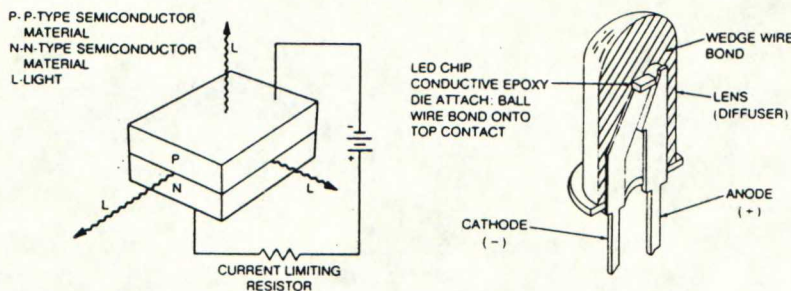
### 7.2.5.2 LED (light emitting diode)

LEDien käyttö on lisääntynyt eri sovelluksissa, koska niiden valontuotto-ominaisuudet ovat parantuneet tuotekehityksen myötä. LEDejä voidaan hyvin soveltaa savuhätävalaistuksessa. Tällöin on kuitenkin muistettava niille erikseen asetetut vaatimukset savuhätävalaistusohjeiden kohdassa 8.2.3. LEDejä käytettäessä järjestelmästä on tehtävä ohjeiden mukaisesti yhtenäisesti jatkuva. LEDien välinen etäisyys profiilissa ei saa olla liian suuri (korkeintaan 300 mm.), koska riittävä valovoima ( $>35$  mcd) on säilyttävä joka kohdassa, eikä toimintahäiriö yhdessä LEDissä saa saattaa järjestelmää toimintakyvyttömäksi.

LEDit soveltuvat jossain määrin myös savuhätävalaistusjärjestelmän merkkivalaisimien toteuttamiseen (LLL-exit signs). Esimerkiksi LEDeillä voidaan muodostaa nuolimerkki tai sana exit, myös juoksevan ukon esittäminen on mahdollista. On muistettava, että LEDit ovat profiilissa oikein suunnattuina, jotta niistä lähtevä valo näkyisi selvästi oikeassa suunnassa.

LEDit voidaan saattaa vilkkumaan ja esimerkiksi hyttikäytävillä voidaan toteuttaa järjestelmä, jossa valo "juoksee" kulkusuunnan mukaisesti opastaen pakenijan poistumisovelle. Kyseistä ominaisuutta ei kuitenkaan säännöissä vaadita, joten sitä ei varmaankaan käytetä -ainakaan nyt savuhätävalaistuksen alkuvaiheessa. Koska LED-järjestelmissä käytettävät jännitteet ovat alhaisia, LEDit soveltuvat hyvin matalalle asennettaviksi. Järjestelmä on tältä osin turvallinen, eikä kosketuksesta aiheudu vaaratilanteita.

LED on puolijohdekomponentti, joka emittoi valoa virran kulkiessa siitä läpi toiseen suuntaan. LEDien päälinnämäisenä osana on linssi, jonka tarkoituksena on hajottaa säteilevä energia ympäristöönsä. LEDistä lähtevän valon suunta ja kulma riippuvat paljolti juuri rakenteellisista seikoista. Savuhätävalaistuksen valonauhoissa käytettävät LEDit ovat pieniä ja ohuita, tyypillisesti pinta-alaltaan 5-10 mm<sup>2</sup> (paksuus 1-2 mm).

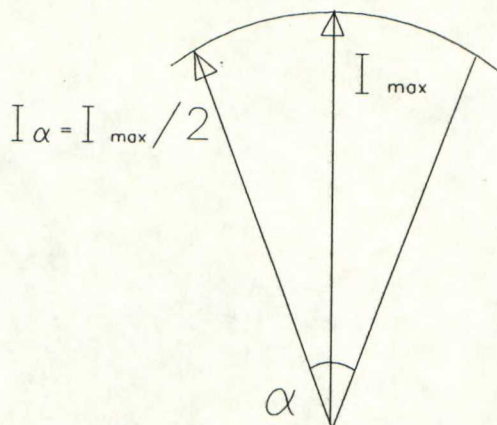


**Kuva 19.** LEDin rakenne (periaate). P ja N ovat puolijohdetyppejä, L tarkoittaa valoa. Savuhätävalaistuksessa käytettyjen LEDien linssiosia on yleensä kooltaan hyvin ohut ja pieni. /38/

LEDit ovat mekaanisilta ominaisuuksiltaan hyvin kestäviä. Tärinäkestoisuus on hyvä. Tämä on tärkeää laiva-asennuksia ajatellen. Rakenne LED-tyyppisessä järjestelmässä on kevyt, mikä on tietysti hyvä asennuksen kannalta. LEDit asennetaan eri järjestelmissä, joko valmiina nauhoina tai erillisinä moduleina, kiskoon (profiiliin), jonka pituus voi olla kymmeniä metrejä. /38/

Käyttämällä eri materiaaleja voidaan vaikuttaa emittoituvan värin aallonpituuteen. LEDin valovoima riippuu emittoituvasta aallonpituudesta. Yleensä maksimi valovoima-arvot mitataan LEDin kohtisuoralta akselilta. LEDin valo emittoituu kartiomaisena. Syntyneen valokeilan valovoima-arvot ovat suurimmillaan LEDin kohtisuoralla akselilla ja ne pienenevät ulkoreunaan mentäessä. LEDeillä, joilla kohtisuoraisen akselin valovoima on suuri, valokeilan kulma on tyypillisesti pieni. Ne valokeilan pisteet, joissa LEDin valovoima on pudonnut puoleen maksimistaan, määrittelevät LEDin puoliarvokulman (half intensity cone). /38/





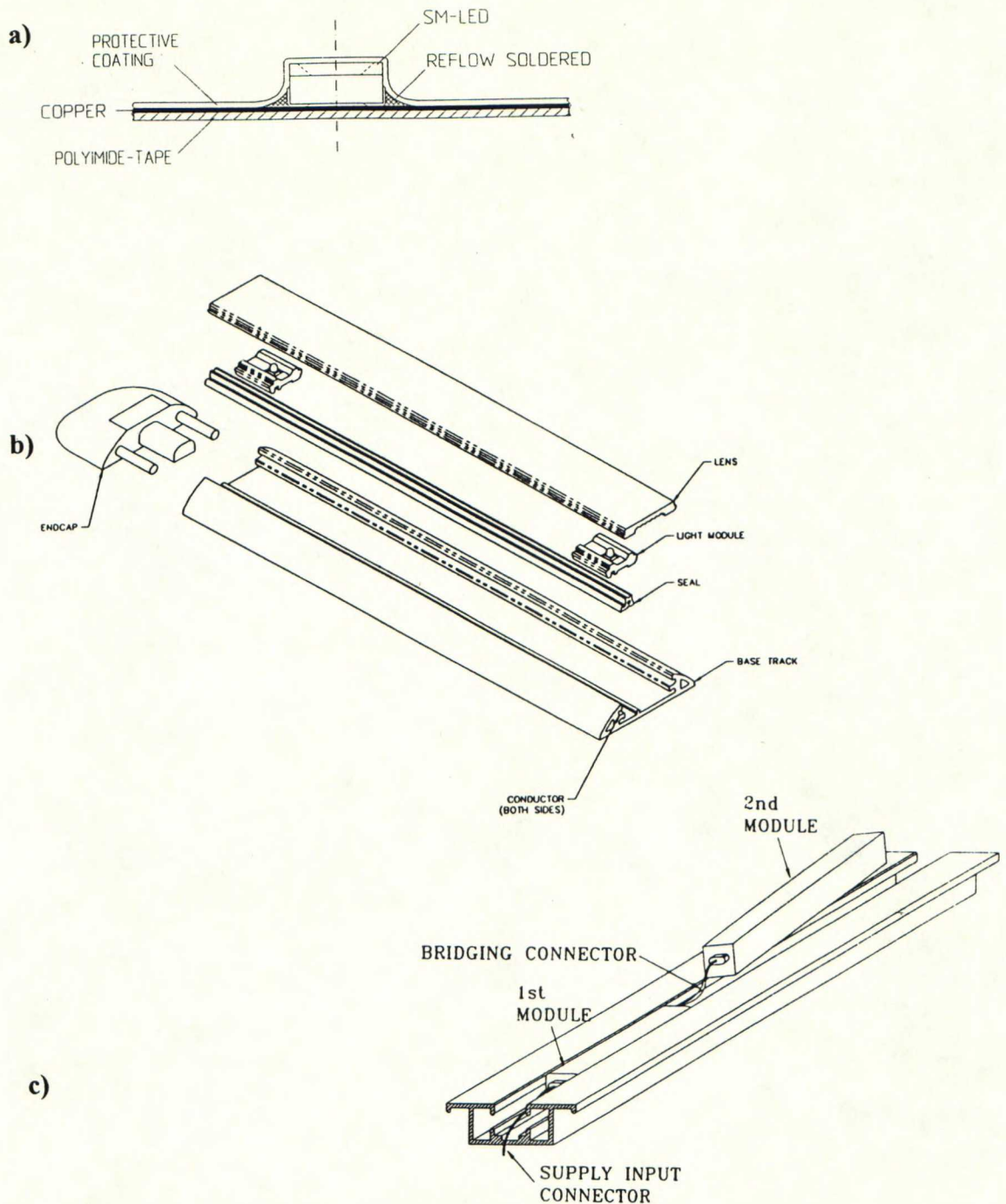
**Kuva 20.** LEDien puoliarvokulman määrittäminen. Valokeilan uloimpien pisteiden valovoima-arvot ovat puolet keskiakselin arvoista.  $\alpha$ = puoliarvokulma. /38/

Savuhätävalaistusohjeiden mukaan LED-asennuksessa keskiakselin maksimi valovoima ei saa alittaa 35 mcd:aa, eikä asennusväli ylitä 300 mm:ä, joten on valittava sellainen LED, joka pystyy toteuttamaan kyseiset arvot. Käytännössä valovoiman on oltava riittävä keilan ulkopisteissä. Tyypillisesti LEDien valokeilan kulman suuruus voi olla 120°. LEDin valovoima on riippuvainen myös virran arvosta. Emittoituvan valon määrä kasvaa virran suureudessa. Suurimmat valovoima-arvot saavutetaan punaisilla ja keltaisilla LEDeillä. Vihreät LEDit ovat nykyään myös varsin tehokkaita valontuottajia, ja niitä käytetäänkin eniten savuhätävalaistussovelluksissa, koska vihreä väri assosioidaan yleensä turvallisuuteen. Myös IMO:n savuhätävalaistusohjeissa (liite 2.) vaatimat arvot ylittyvät helposti vihreillä LEDeillä. /38/

LEDien elinikä on pitkä. Sovelluksesta riippuen toiminta-ajat vaihtelevat kymmenistä tuhansista aina miljooniin tunteihin. Varhaiset LEDien rikkoontumiset ovat tyypiltään mekaanisia. LEDien valovoima saattaa kasvaa ensimmäisien tuhansien tuntien aikana. Tämän jälkeen se kuitenkin laskee. /38/

LED-järjestelmien syöttöjännitteenä käytetään yleensä 24 V DC. Itse LEDit toimivat kuitenkin pienillä jännitteillä (n. 2 V). Jännitteen pienentämiseksi LEDien edessä onkin sopivan suuruiset etuvastukset. Suositeltavat virrat ovat milliampeerien (tyypillisesti 20 mA) luokkaa, joten LED-nauhan tehonkulutus on varsin vähäistä, tyypillisesti n. 0,5-2 W/m. LED-nauhan tehonkulutus on suoraan verrannollinen LEDien lukumäärään.





**Kuva 21.** Eri LED-järjestelmätyyppejä. a) on foliotyyppinen, jossa LEDit on juotettu ohueeseen taipuasaan (tai jäykkään) virtaa johtavaan nauhaan. Nauha asennetaan profiiliin (Aqua Signal). b) on modularityypinen, jossa kiinnitetään pieniä erillisiä LED-moduleita profiilissa olevaan virtakiskoon. (Luminator). c) edustaa tyyppiä, jossa valmiita määrämittäisiä LEDejä sisältäviä moduleita asennetaan profiiliin (Exitalite).

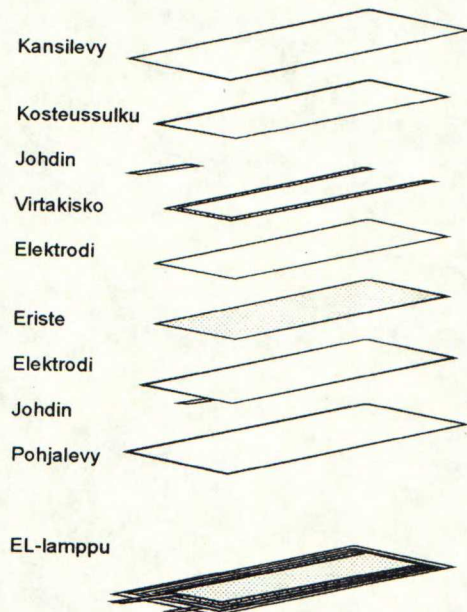
### 7.2.5.3 EL-nauha

Tässä työssä savuhätävalaistussovelluksissa käytettävät elektroluminesenssiin perustuvat valonlähteet on lyhennetty EL-nauhoiksi. Elektroluminesenssi on sähkökentän vaikutuksesta syntyvää säteilyä, joka esiintyy kaasuissa ja kiinteissä aineissa. Se on ilmiö, jossa sähköenergia muuttuu valoksi -käytännössä ilman lämpöä /38/. EL-nauhoja voidaan käyttää yhtenäisesti jatkuvissa järjestelmissä. Mutta mikäli ne testein osoitetaan riittävän näkyviksi savussa, niitä voidaan käyttää myös puolijatkuvien järjestelmien valonlähteinä. Nauhoja käytetään myös



savuhätävalaistusjärjestelmien merkkivalaisimien sisäisinä valonlähteinä. Hyvänä puolena on luminanssin tasaisuus koko valonlähteen pinnalla, jolloin merkissä oleva kuvio on erottuvampi. /38/

EL-nauhan rakenne muistuttaa periaatteessa kondensaattorin rakennetta: kahden johtavan pinnan välissä on eriste (kuva 22.). Eriste sisältää luminesoivia fosforihiukkasia (loisteaineita), jotka emittoivat valoa kun valonlähteeseen kytketään vaihtovirta. EL-nauhat ovat kevyitä ja niitä voidaan valmistaa erittäin ohuina (1,2 mm). Näin ne voidaan toimittaa, kuten folioon juotetut LEDitkin rullana asennusta varten. EL-nauhat ovat myös toimiessaan melko luotettavia, ja niistä ei säteile ympäristöön haittaavaa lämpöä. /46/



**Kuva 22.** EL-nauhan rakenne. Nauhan eri osat on esitetty kerroksittain. EL-nauhasta voidaan käyttää sähkötekniillisen sanaston /40/ mukaan myös virallista nimitystä EL-lamppu. /46/

EL-nauhojen aineosien koostumusta vaihtelemalla voidaan vaikuttaa valon väriin. Valo on lähes monokromaattista (yksi aallonpituus), mikä on hyvä ominaisuus savussa. Tämän vuoksi ne ovat hyviä valonlähteitä juuri savuhätävalaistussovelluksissa.

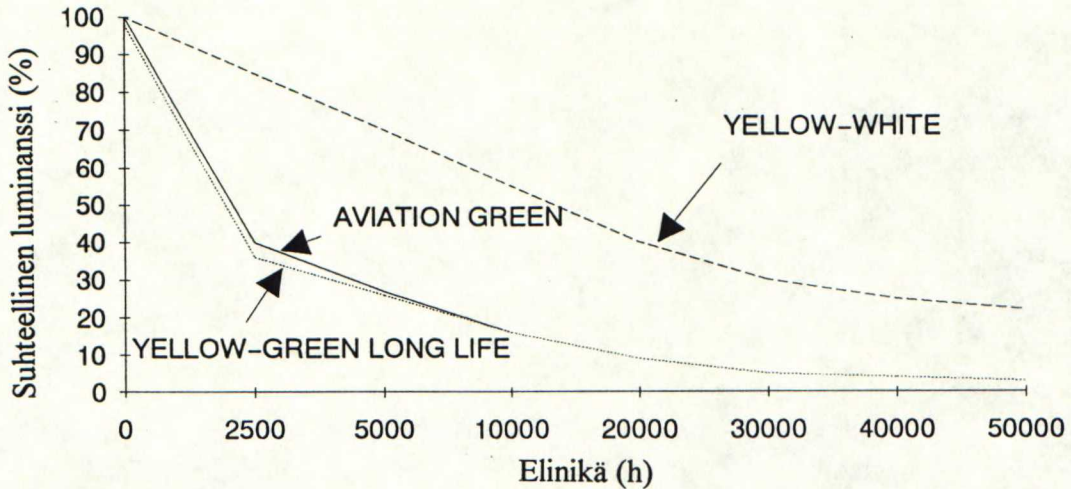
EL-nauhojen luminanssi vaihtelee jännitteen, taajuuden, lämpötilan, käytettyjen loisteaineiden ja rakenteen funktiona. Suurimmat luminanssiarvot saavutetaan vihreillä fosforeilla. Jännitteen kasvaessa EL-nauhojen luminanssi paranee. Jännitteen ollessa noin 110 V (taajuus 400 Hz), luminanssi on hieman alle 100 cd/m<sup>2</sup> aviation-green-tyyppiselle EL-nauhalle. Suuremmilla jännitteillä myös EL-nauhojen tehonkulutus kasvaa. Samoilla jännitteen ja taajuuden arvoilla kuin edellä, tehonkulutus on noin 5-10 mW/cm<sup>2</sup>. Tehonkulutus pysyy melko pienenä alle 100 V:n jännitteillä, mutta kasvaa eksponentiaalisesti tämän jälkeen. Taajuus vaikuttaa oleellisesti saavutettavaan luminanssitasoon. Taajuuden on yleensä oltava varsin korkea, jotta päästäisiin hyviin luminanssiarvoihin. Yleisemmin käytetään taajuuksia 400-800 Hz. Suuret taajuudet lisäävät tehonkulutusta. Tehonkulutus kasvaa lineaarisesti lähes samalla tavalla kaikilla EL-tyypeillä. EL-nauhojen valotehokkuus on käytännössä parhaimmillaan alle 100 V:n jännitteillä. EL-nauhojen valo on tasaista valonlähteen koko pinnalla, koska eristekerroksessa olevat loisteaineet ovat tasaisesti hajaantuneet koko alalle. Näin ollen valonlähteen koko pinta tuottaa valoa. Valo leviää laajalle alalle, eikä se näin ollen rajoitu tiettyyn suuntaan, kuten esimerkiksi LEDeillä. /46/

EL-nauhojen toiminnallinen elinikä on suhteellisen lyhyt, kun taajuus on suuri (400-800 Hz). EL-nauha ei rikkoonnu yleensä yhtäkkiä. Tästä johtuen toiminnallinen elinikä lasketaan valonlähteen kytkemisestä aina siihen asti, kunnes luminanssi on laskenut alle 10 cd/m<sup>2</sup> (Savuhätävalaistusohjeet, kohta 8.2.1). EL-nauha voi toimia 1000-30000 tuntia riippuen käytettävästä jännitteestä ja



taajuudesta. Savuhätävalaistussovelluksissa yleisin luvattu elinikä on luokkaa 10000 tuntia. EL-nauhaa ei suositella savuhätävalaistuksen valonlähteeksi, mikäli järjestelmän halutaan olevan jatkuvatoiminen. /46/

Taajuutta pienentämällä voidaan elinikää pidentää (tehonkulutus vähenee), mutta tällöin myös luminanssi laskee. Luminanssin pieneneminen riippuu myös EL-nauhan tyypistä. Esimerkiksi vihreää valoa emittoivilla EL-nauhoilla luminanssi pienenee alkuarvostaan suhteellisesti nopeammin kuin kelta-vihreää valoa emittoivilla. /46/



Kuva 23. Kolmen EL-nauhan elinikä jännitteen ollessa 115 V ja taajuuden ollessa 400 Hz. /46/

EL-nauhat toimivat jännitealueella 80-200 V. Tarvittava luminanssitaso saavutetaan jo pienillä virroilla (mA), joten tehonkulutus on vähäistä, tyypillinen arvo on alle 0.3 W/m. Taajuus on kuitenkin luminanssin vuoksi pidettävä korkeana (400-800 Hz), mikä osaltaan taas nostaa tehonkulutusta. /46/

#### 7.2.5.4 Optiset kuidut

Vaikka markkinoilla ei vielä ole valmiita savuhätävalaistusjärjestelmiä optisilla kuiduilla toteutettuina, tarkastellaan tässä yhteydessä hieman optisten kuitujen ominaisuuksia. Optisilla kuiduilla on tiettyjä erikoisominaisuuksia, mitä muilla valonlähteillä ei aina ole. Näitä ovat esimerkiksi /10/:

- kuitu on sähköisesti passiivinen
- se ei johda sähköä
- se ei johda lämpöä
- se ei aiheuta sähköisiä häiriökenttiä
- yhdellä valonlähteellä voidaan syöttää monta valopistettä
- se on mekaanisesti kestävämpi kuin tavanomaiset lamput

Kuidut voidaan asentaa pistemäisesti tietylle etäisyydelle toisistaan, jolloin ne näkyvät samalla tavalla kuin esimerkiksi LEDit. Toinen vaihtoehto on murtaa läpinäkyvää kuitua tasaisin välein. Myös läpikuultavaa kuitua voitaisiin käyttää. Kuituina ei tarvitse välttämättä käyttää samoja laadukkaampia materiaaleja kuin mitä tiedonsiirrossa käytetään, vaan materiaaleiksi riittää epäpuhtaammat. Kuituja voidaan periaatteessa vetää paloalueelta toiselle ilman, että tästä aiheutuu ylimääräisiä vaaratilanteita. Niitä voidaan vetää myös vaarallisten tilojen kautta.



Kuidut kootaan toisesta päästään nipuksi, jota valaistaan tehokkaasti esimerkiksi halogeenilampulla. On tärkeää, että mahdollisimman paljon lampun valosta pääsee kuituihin. Keskitetyt valolähteet sijoitetaan suojaisaan paikkaan. MKH:n mukaan käytäviä on kuituja käytettäessä syötettävä molemmista päistään, sillä yksittäisen valolähteen rikkoontuminen ei saisi aiheuttaa muussa järjestelmässä toimintahäiriöitä. On aivan eri asia, hajoaako yksi kuidunpätkä tai kaikkia kuituja syöttävä valonlähde. /8/

Kuiduille ei ole savuhätävalaistusohjeissa erikseen määritelty valaistusarvovaatimuksia. Kuituja käytettäessä onkin huomioitava, että ne tuottavat riittävästi valoa -ainakin sen verran kuin muilta pistemäisiltä järjestelmiltä vaaditaan. Periaatteessa soveltuvuus olisi todettava testien avulla.

## 7.2.6 Merkit ja merkinnät

Savuhätävalaistusjärjestelmän tärkeän osan muodostavat kaikki ne merkit ja merkinnät, jotka opastavat muun muassa ovien käyttämisessä ja avaamisessa sekä oikean suunnan valitsemisessa. Savuhätävalaistuksen merkkeinä ja merkintöinä voidaan käyttää sähköisiä merkkivalaisimia tai jälkivalaisivia kilpiä.

Savuhätävalaistuksen merkinnöissä on savuhätävalaistusohjeiden mukaisesti sovellettava mahdollisimman pitkälle IMO:n laatimia symboleja. Kuvassa 24 on esimerkkejä pelastuslaitteiden ja poistumisteiden symboleista.



**Kuva 24.** Savuhätävalaistuksessa sovellettavia IMO:n symboleita. Symboleina käytetään samoja kuin normaalisti ylös sijoitettavissa merkinnöissä. a) pelastusveneen-, b) "juoksevan ukon-" ja c) kokoontumisaseman symboli. /8/

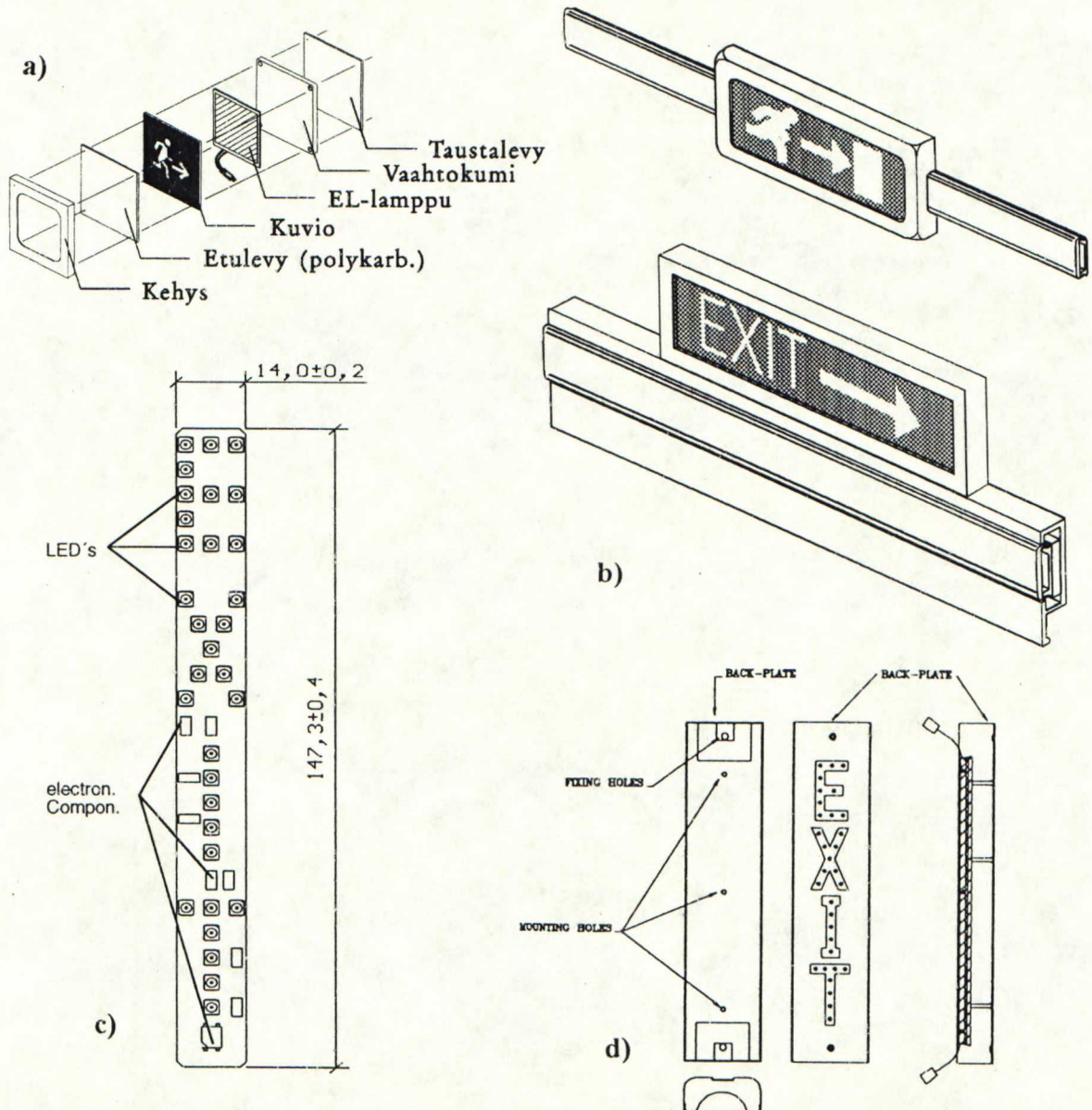
On tärkeää, että savuhätävalaistusjärjestelmän merkit ja merkinnät noudattavat laivan pelastautumissuunnitelmaa. Tämä tarkoittaa sitä, että merkintöjen on oltava opastukseltaan yhdenmukaisia normaalisti ylhäällä olevan kilvityksen kanssa.

Poistumisovien merkintä on toteutettavissa hyvin monella eri tavalla riippuen lähinnä siitä, millä järjestelmätyypillä se tehdään. Puolijatkuvilla järjestelmillä voidaan merkki- tai turvavalaisin sijoittaa oven viereen sille puolelle ovea, jolla ovenkahva sijaitsee. Jos valaisin on pitkulainen, voidaan se asentaa karmin viereen jolloin samalla saadaan toteutettua suositus kahvalle johtamisesta. Ovien merkinnöissä käytetään yleensä EXIT-sanaa, mutta myös esimerkiksi kokoontumisaseman merkitä voidaan käyttää, kun halutaan opastaa pakenevat kyseisille alueille. Pelastusveneen symbolia voidaan käyttää poistumisovissa, jotka johtavat ulos pelastusveneille. Yhtenäisesti jatkuvilla järjestelmillä voidaan poistumisovien merkintä tehdä siten, että sijoitetaan samaan tai eri järjestelmätyyppiin kuuluva merkintä samalla tavalla kuin edellä korkeintaan 300 mm:ä lattiastasosta seinään ja johdetaan valonauha ovenkahvalle saakka. Valonauha olisi syytä asentaa sille puolelle ovea, jolla ovenkahva on, mikäli tämä on mahdollista. Johtaminen ovenkahvalle voidaan tietysti tehdä myös tässäkin tapauksessa jälkivalaisevilla teipeillä.



Liukuvien palo- ja vesitiiviiden ovien merkinnöissä on edellisen merkin lisäksi käytettävä oven aukausmekanismia selventävää merkintää. Kyseisinä merkintöinä käytetään jälkivalaisevia kilpiä, koska niiden toteuttaminen valaisimina on vaikeaa. Oven aukausia selventävä merkintä on syytä esittää symbolina selkeyden vuoksi. IMO:lla ei ole kyseiseen tarkoitukseen omia valmiita symboleita, joten on käytettävä jotain ISO -standardin mukaista merkintää sovellettuna /8/. Merkinnät laitetaan lattianrajaan savuhätävalaistusohjeiden mukaisesti.

Palosammutusvälineiden merkitseminen tehdään yleensä jälkivalaisevilla kilvillä, mutta myös punaista valaistusta voidaan käyttää. Kyseisillä merkinnöillä on myös omat standardivaatimukset. Palontorjuntakaaviomerkit on esitetty asiapaperissa IMO Resolution A.654 /19/. Palosammutusvälineiden merkinnät sijoitetaan korkeintaan 300 mm:ä lattiatasosta seinään asianomaisen välineen kohdalle, jotta ne todellisessa tilanteessa savussa ryömittäessä löytyisivät helposti.



**Kuva 25.** Eri valmistajien LLL-merkkivalaisimia. a) on EL-tyyppinen (LLS). b) on myös EL-tyyppinen. Tässä merkkivalaisin voi kuulua samaan virtapiiriin varsinaisen valonauhan kanssa (LLS). c) LED-järjestelmän merkkivalaisimista on esimerkkinä foliotyyppinen, jossa LEDit on juotettu siten, että ne muodostavat sanan EXIT tai nuolimerkinnän (Aqua Signal). d) LED-merkkivalaisin on erillinen ja se liitetään muuhun järjestelmään liitoskappaleiden välityksellä (Existalite).



Savuhätävalaistusohjeiden mukaisesti myös jokaisessa hytissä on oltava poistumistietä selventävä kaavio. Kaavio on tärkeä, jotta jokaisella matkustajalla on mahdollisuus omassa rauhassa tutustua etukäteen poistumisreittiin. Kyseinen kaavio tehtäneen yleensä jälkivalaisevana. Ongelmana on varaavan valaistuksen järjestäminen tälle. Hyteissä ei jatkuvasti oleskella ja nukkuessakin valot ovat yleensä pimeinä. Näin ollen aika, jolloin valaistus on päällä jää hyvin pieneksi, mikä periaatteessa asettaa suurempia vaatimuksia jälkivalaisevan materiaalille. Sen on varauduttava kylläiseen tilaan pienessä ajassa ja pystyttävä emittoimaan valoa mahdollisimman pitkän ajan muun valaistuksen sammuttua.

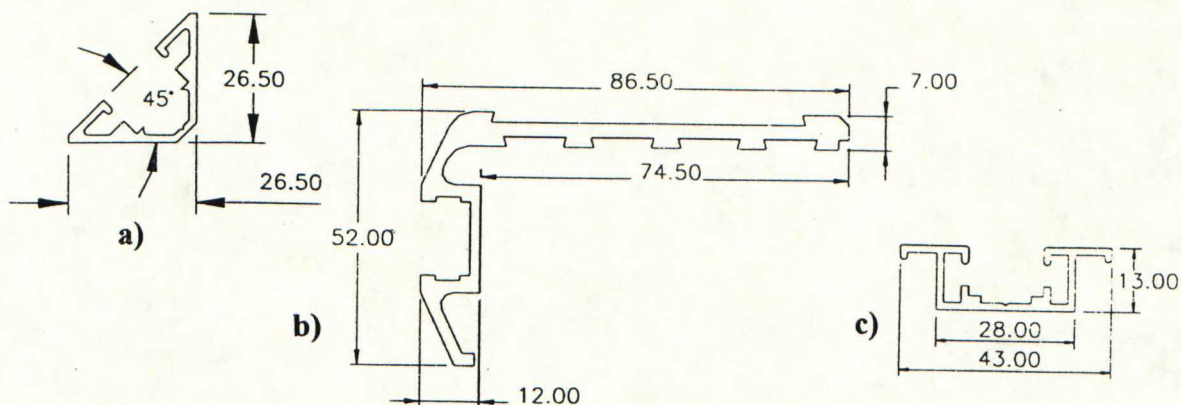
### 7.2.7 Savuilmaisimet

Järjestelmät, jotka normaalitilanteissa ovat lepotilassa voidaan varustaa savun indikoimiseksi ilmaisimilla. Savuhätävalaistusohjeet eivät tällaisia yksiköjä kuitenkaan vaadi. Ilmaisim voi olla herkkä valaistusvoimakkuuksien muutoksille (esimerkiksi 10 lx - 1 klx) tai eri savun tiheyksille. Valaistusta tarkkaavaa ilmaisinta ei saa asentaa liian lähelle tavanomaisia hätävalaisimia, vaan sen on mitattava keskimääräistä valaistustasoa tilassa. Ilmaisimen herkkyyttä voidaan yleensä säädellä tilakohtaisesti, jolloin järjestelmän toimivuus saadaan paikallisesti sopivaksi.

### 7.2.8 Profiilit

Yhtenäisesti jatkuvat järjestelmät asennetaan yleensä valmiiseen profiiliin (alumiini tai polykarbonaatti), jolloin asennus nopeutuu ja helpottuu. Nauha on profiilissa kaiken lisäksi siistin näköinen. Profiilin muodosta riippuen järjestelmät pystytään asentamaan joko lattiaan tai seinään. Lattia-asennuksessa profiili yleensä upotetaan kuvan 26. tavalla maton tasalle, jolloin sen asennus on tehtävä mattoasennuksen yhteydessä. Profiili voidaan lattiassa asentaa joko välittömästi seinän läheisyyteen tai korkeintaan 150 mm:n etäisyydelle. Voidaan käyttää myös kulmaprofiilia, jossa lamput saadaan esimerkiksi 45° kulmaan. Seinäasennuksessa profiilit asennetaan käytännöllisistä syistä seinän pintaan, koska uppoasennus on hidasta ja vaivalloista. Portaikoissa voidaan käyttää ylimmän ja alimman askelman merkitsemiseksi kuvassa 26 esitettyä profiilityyppiä.

Profiilissa voi olla urituksia tartuntapinnan parantamiseksi. Usein profiilin alle tulee jonkinlainen liimamassa, jolloin on hyvä, että tartuntapinnasta saadaan kestävä. Profiilin väriin vaikuttaa muun sisustuksen väri. Valitsemalla väri oikein järjestelmä "istuu" hyvin muuhun ympäristöönsä. Profiiliin voidaan upottaa edellä käsiteltyjä LEDejä, EL-nauhoja ja pienoishehkulamppuja. Myös jälkivalaisevaa nauhaa on mahdollista asentaa profiiliin.



**Kuva 26.** Esimerkkejä yhtenäisesti jatkuvien savuhätävalaistusjärjestelmien profiileista. a) on kulma- b) porras- ja c) lattiaan asennettava profiilimalli.



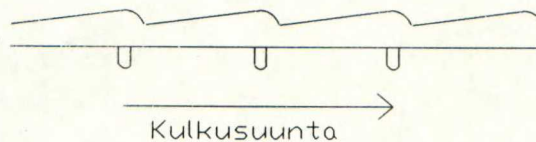
### 7.2.9 Liitos- ja päätekappaleet

Liitos- ja päätekappaleita tarvitaan järjestelmien komponenttien yhteen kytkemiseksi ja viimeistelemiseksi. Jotta esimerkiksi LED-moduleita voitaisiin liittää toisiinsa, on niiden välillä oltava tarvittavat liitokset johtoineen. Liitos on myös viimeisteltävä hyvin, jotta lopullinen asennus näyttäisi siistiltä. Erilaisia kappaleita ja osia tarvitaan myös läpivienneissä, kun johdot tuodaan seinän läpi valonauhoille.

### 7.2.10 Muotoillut kaiteet

Poistumistiejärjestelmien yhteydessä voidaan käyttää muotoiltuja kaiteita. Ne ovat tarpeen lähinnä sokeita ja näkövammaisia ajatellen, mutta niistä voivat myös muut hyötyä. Kuvassa 28 on havainnollistettu muotoilun periaate. "Myötäkarvaan" mentäessä liikutaan oikeaan suuntaan. Opastavat kaiteet on todettu erittäin tehokkaiksi opastamaan henkilöt tilasta pois. Norjassa tehdyissä tutkimuksissa järjestelmät, joissa näitä käytettiin, menestyivät parhaiten. (ks kohta 9.3).

Pelkästään kaiteiden käyttäminen poistumistiejärjestelmänä ei ole ajatukseltaan hyvä, sillä esimerkiksi käytävien risteyksissä järjestelmä katkeaa liiaksi, jolloin jatkuvuutta ei voida säilyttää. Kaiteita tulisikin käyttää ainoastaan jonkun visuaalisen järjestelmän lisäksi. Koska muotoiltujen kaiteiden käyttämiselle ei ole SOLAS-säännöissä vaatimuksia, ei näitä käytettäne kovinkaan paljon. Eräänä haittapuolena voidaan myös pitää sitä, että puiset kaiteet lisäävät tilan palokuormaa.



Kuva 27. Periaatekuva muotoillusta kaiteesta.

### 7.2.11 Äänisignaalit

Myös äänisignaaleita voidaan käyttää poistumistiejärjestelmien opastavuuden parantamiseksi. Näissä kaiuttimien avulla välitetään informaatiota pakenijalle. Tämänkaltaiset järjestelmät ovat kuitenkin valinnaisia ja harvinaisia. Niiden toimivuutta ei ole myöskään vielä laajasti tutkittu, joten niiden tarpeellisuus voidaan kyseenalaistaa, etenkin kun säännötkään niitä eivät vaadi. Ne voivat kuitenkin lisätä turvallisuuden tunnetta ja helpottaa henkilöä liikkumaan, kun näkyvyys on kokonaan kadonnut. Signaaleiden on oltava selkeitä ja ymmärrettäviä. Äänisignaaleita voi käyttää ainoastaan lisänä visuaalisille järjestelmille.

### 7.2.12 Älykkäät poistumistiejärjestelmät

Markkinoilla on olemassa ns. älykkäitä poistumistiejärjestelmiä /39/, joissa poistumistien varrelle asennettujen indikaattoreiden avulla välitetään tieto mahdollisesta tulipalosta (savusta) tietokoneelle, joka kyseisen informaation avulla jatkuvasti laskee optimaalisinta poistumistietä tilasta poistumiselle. Koska pakoteita on yleensä kaksi, on niiden varrella olevilla valaisimilla mahdollisuus esittää nuolimerkintöjen avulla kaksi suuntaa. Valaisimessa on nuolet molempiin suuntiin. Oikea suunta ilmoitetaan pakenevalle henkilölle, kun toisen nuolen valot kytketään. Nuolet voidaan myös saattaa juoksemaan oikeaa kulkusuuntaa kohden. Järjestelmää valvoo keskitetysti henkilö, joka myös



vahvistaa, että järjestelmän ehdottama poistumistie on kunnossa. Mikäli valvomossa ei ole ketään järjestelmä toimii automaattisesti. Järjestelmää voidaan myös ohjata kokonaan manuaalisesti.

Laivan sammutusjärjestelmä ja palo-ovet voidaan kytkeä poistumistiejärjestelmän kanssa samaan järjestelmään, jolloin koko järjestelmää voidaan hallita samalta näytöltä. Älykkäiden poistumistiejärjestelmien komponentit on suunniteltu siten, että ne ovat yhteensopivia markkinoilla olevien järjestelmien kanssa. Tietokoneeseen ohjelmoidaan ensisijaiset poistumistiet laivan pakotiesuunnitelman mukaisesti. Kaikki informaatio (muut kuin nuolimerkinnot) välitetään pakenijoille symbolimuodossa. /39/

Erään valmistajan älykäs poistumistiejärjestelmä koostuu seuraavista osista /39/:

- monitori (komentosillalla)
- paikalliset ohjausyksiköt (pääpalovyöhykkeen sisällä)
- ilmaisimet
- poistumistievalot
- ovivalot (valaisevat oven karmin)
- palo-ovien kontrollointi
- hytityksiköt (välitetään hälytys hyttiin oleville)

Kyseessä olevien järjestelmien tarkoituksena on opastaa matkustajat kokoontumisasemille asti ottaen huomioon nopeasti muuttuvat tilanteet palon aikana. Järjestelmät pyritään suunnittelemaan siten, että ne vähintäänkin voivat täyttää SOLAS-vaatimukset. Järjestelmien hinta lienee korkea, ja toisaalta ei ole todisteita siitä, kuinka hyvin ne toimivat todellisissa hätätilanteissa, joten niiden soveltaminen varsinkin nyt savuhätävalaistuksen alkuvaiheessa tulee varmaakin olemaan vähäistä.

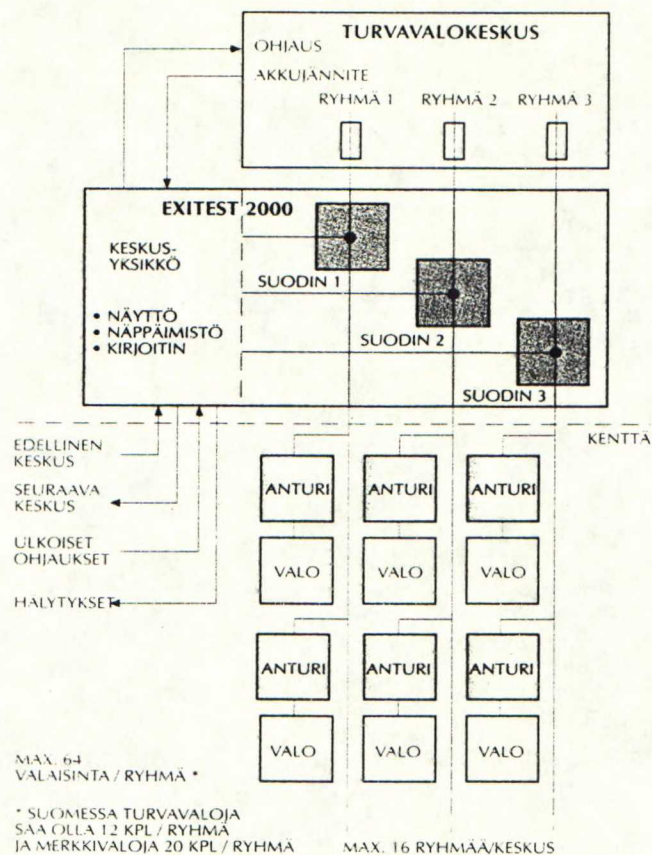
### 7.2.13 Hätävalaistusjärjestelmän valvontakeskus

Suomessa Teknoware on kehittänyt hätävalaistusjärjestelmiä valvovan keskuksen, joka antaa hälytyksiä valonlähteiden sammumisesta, raportoi kirjallisesti heikentyneistä valonlähteistä, akustovioista sekä mahdollisesti myös laajemmista vioista. Valvontakeskuksen etuna on myös se, että se vapauttaa ihmistyövoimaa turhilta vikojen etsimiseltä (vrt. savuhätävalaistusohjeiden huoltovaatimukset). Näin ollen se säästää huoltokustannuksissa ja mahdollisten vikojen kohdistamisessa.

Valvontakeskus koostuu hätävalokeskuksen (virtalähteiden) läheisyyteen sijoitettavasta keskusyksiköstä sekä valaisimiin tai niiden läheisyyteen asennettavista anturiyksiköistä. Keskusyksikkö sisältää prosessoripohjaisen valvontayksikön, jota ohjaa PC. Keskusyksikön ja anturiyksiköiden välinen tiedonsiirto kulkee samaa kaapelointiverkkoa pitkin kuin varsinaisten valonlähteiden teho kantoaaltona. Valvontakeskus toimii jännitteillä 24 V DC tai 230 V AC/DC. Keskusyksikkö on helposti ohjelmoitavissa valvomaan valonlähteitä esimerkiksi kerran viikossa. Ohjelmointivaiheessa, joka tapahtuu asennuksen yhteydessä, valonlähteille annetaan järjestysnumeron lisäksi nimet, jolloin vian paikallistaminen on helpompaa.

Valonlähteiden perusvalotason määrittäminen tapahtuu ohjelmoinnin yhteydessä. Käytön aikaisia mittauksia verrataan kyseiseen alkuarvoon. Valvontakeskukset voidaan tiedonsiirtoverkolla linkittää yhteen, mikäli niitä tarvitaan useampia.





Kuva 28. Teknowaren EXITEST valvontajärjestelmän lohkokaavio.

## 7.3 Jälkivalaisevat järjestelmät

### 7.3.1 Yleistä

Savuhätävalaistus voidaan sääntöjen mukaan tehdä kokonaan jälkivalaisevilla nauhamerkinnöillä. Säännöt sallivat myös järjestelmät, joissa on käytetty jälkivalaisevia nauhoja yhdessä sähköisten valaisimien kanssa.

Jälkivalaisevilla järjestelmillä tarkoitetaan järjestelmiä, joissa käytetään fosforoivia loisteaineita poistumistien merkitsemiseen. Energiansa tällainen järjestelmä saa ympäröivästä normaalista valaistuksesta. Muun valaistuksen sammuttua jälkivalaiseva materiaali emittoi sille ominaisen ajan valoa. Tämän valolle on ominaista, että sen luminanssiarvo laskee ajan funktiona. Jälkivalaisevia järjestelmiä valittaessa on syytä kiinnittää huomiota mm. seuraaviin seikkoihin /6,50/:

- Järjestelmien on oltava nimenomaan jälkivalaisevia -ei heijastavia
- Jälkivalaisevat materiaalit on varattava todellisilla tilassa olevilla valonlähteillä. Valonlähteen aallonpituus vaikuttaa saavutettavaan luminanssiin.
- On tärkeää, että loisteaineet varautuvat kylläiseen tilaan nopeasti ja pienillä valaistusvoimakkuuksilla.
- Vaadittu luminanssitaso saavutetaan normaalin valaistuksen varatessa materiaaleja
- Jos jälkivalaiseva merkintä tulee pystysuoraan tasoon (laipioon) on otettava huomioon, että tämän vertikaalivalaistusvoimakkuus on pienempi kuin tiloissa yleensä mitattu horisontaalivalaistusvoimakkuus.

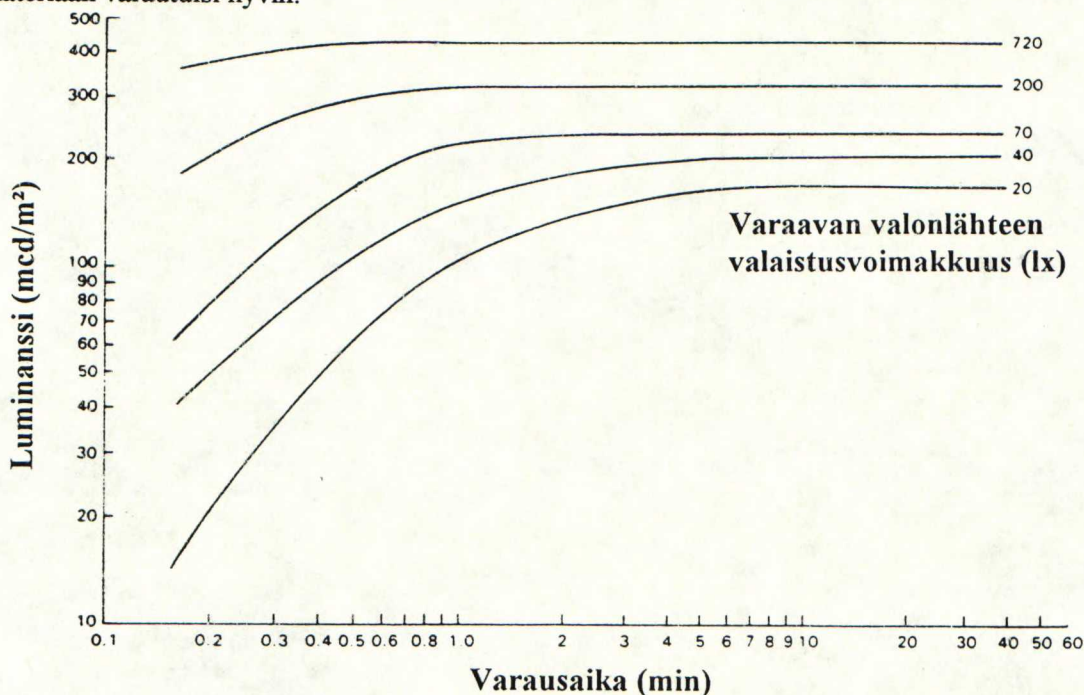


Jälkivalaisevat materiaalit eivät tätä nykyä pysty tuottamaan vastaavia luminanssiarvoja kuin, mitä sähköiset järjestelmät, mutta täyttäessään savuhätävalaistussääntöjen ja -ohjeiden vaatimukset ne ovat periaatteessa yhtä varteenotettavia järjestelminä kuin sähköiset järjestelmätkin.

### 7.3.2 Jälkivalaisevien materiaalien varaaminen

Jälkivalaisevan materiaalin varaaminen saturoituneeseen (kylläiseen) tilaan riippuu ympäröivän valaistuksen valaistusvoimakkuudesta sekä aallonpituudesta. Myös itse materiaalin väriaine vaikuttaa varausaikaan. Kuvasta 29 nähdään, kuinka varausaika ja varaavan valonlähteen valaistusvoimakkuus vaikuttaa vihreän lumilux green N:n luminanssiin. Suuremmilla ympäröivän valaistuksen valaistusvoimakkuuksilla jälkivalaiseva materiaali varautuu suurempaan luminanssiarvoon nopeammin. Tosin saturoitunut tila saavutetaan melko nopeasti (n. 5 minuuttia) pienemmilläkin valaistusvoimakkuuksilla. /50/

Kuvasta 29 on todettavissa, että esimerkiksi 100 lx:lla, joka on IES:n suositus hyttikäytävien valaistusvoimakkuudelle, kuvan jälkivalaisevan materiaalin varautuminen kylläiseen tilaansa tapahtuu alle minuutissa. 20 lx:n valaistusvoimakkuudella varautumisaika on jo lähes kymmenen kertaa pidempi. Tämä on oleellista havaita, koska tilojen valaistusvoimakkuudet arvioidaan yleensä horisontaalitasossa. Jos jälkivalaisevat nauhat asennetaan laipioon on huomioitava, että tälle tuleva vertikaalivalaistusvoimakkuus on pienempi kuin lattiatasolla. Kuvasta 29 on pääteltävissä myös, että hätävalaistuksen 1 lx:n suositusvalaistusvoimakkuus on jo liian pieni arvo, jotta jälkivalaiseva materiaali varautuisi hyvin.



**Kuva 29.** Vihreän Lumilux green N:n luminanssi varaamisajan funktiona. Varaavana valonlähteenä on käytetty deuterium-lamppua ja arvot on otettu minuutin kuluttua lampun sammumisesta. /50/

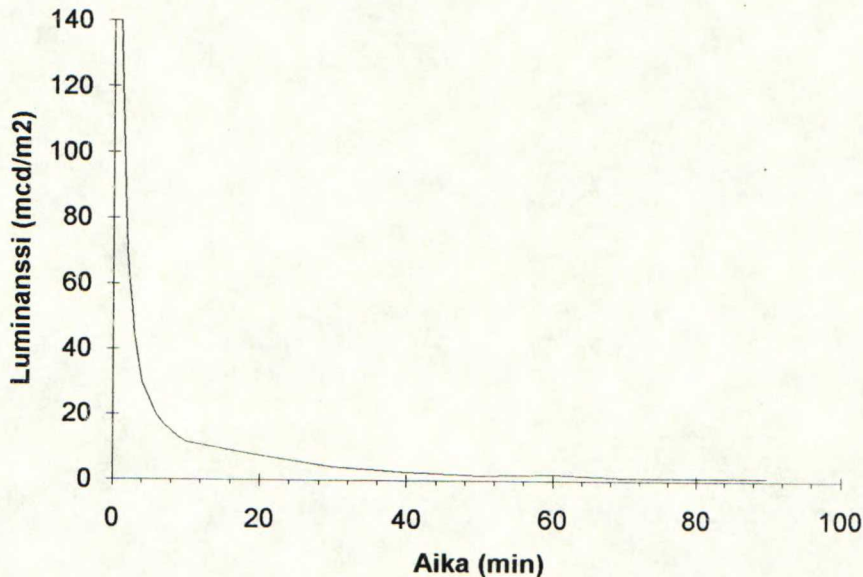
### 7.3.3 Luminanssin alenema

Jälkivalaisevan materiaalin luminanssi pienenee ajan funktiona. Luminanssin alenema on pysyvä määrättyissä rajoissa, jotta järjestelmille voitaisiin taata tietty vähimmäistoiminta-aika. DIN 67510 -standardissa /6/ on muun muassa IMO:n esittämät ohjeet luminanssiarvoille tiettyinä ajanhetkinä. Kuvassa 30 nämä on esitetty käyränä ja siitä voidaan todeta, että esimerkiksi tunnin kuluttua ympäröivän valaistuksen sammumisesta, luminanssin on vähintään oltava 2,0 mcd/m². Savuhätävalaistusohjeiden /18/ mukaan luminanssin on ensimmäisen kymmenen minuutin aikana



pysyttävä 15 mcd/m<sup>2</sup>:n ja ensimmäisen tunnin aikana 2,0 mcd/m<sup>2</sup>:n yläpuolella. Vaikka loisteaineiden luminanssi alenee ajan mittaan, silmän adaptoituminen hämärässä kompensoi tietyn ajan tätä muutosta. /38/ Luminanssiarvo 0,32 mcd/m<sup>2</sup> = 100 kertaa silmän havaitsemistaso. IMO:n asettamat suositukset luminansseille savuhätävalaistusohjeissa ovat suhteellisen tiukat, jotta ainoastaan laadukkaita materiaaleja käytettäisiin. /6/

Eri väriaineilla on erilaiset vaikutukset luminanssin alenemaan. Tutkimuksissa on todettu vihreän väriaineen olevan parhaimpia hyvän luminanssitason säilymistä ajatellen. Tällä haluttu luminanssitaso saavutetaan nopeammin ja pienemmällä valaistustasolla kuin muilla väriainella. /23/



**Kuva 30.** DIN 67510 -standardin mukainen luminanssin alenemakäyrä. Mittaukset on tehty materiaaleille, joita on varattu loistelampuilla 1000 lx:n valaistusvoimakkuudessa. Arvot on tämän jälkeen otettu 90 minuutin ajalta täysin pimeässä tilassa.

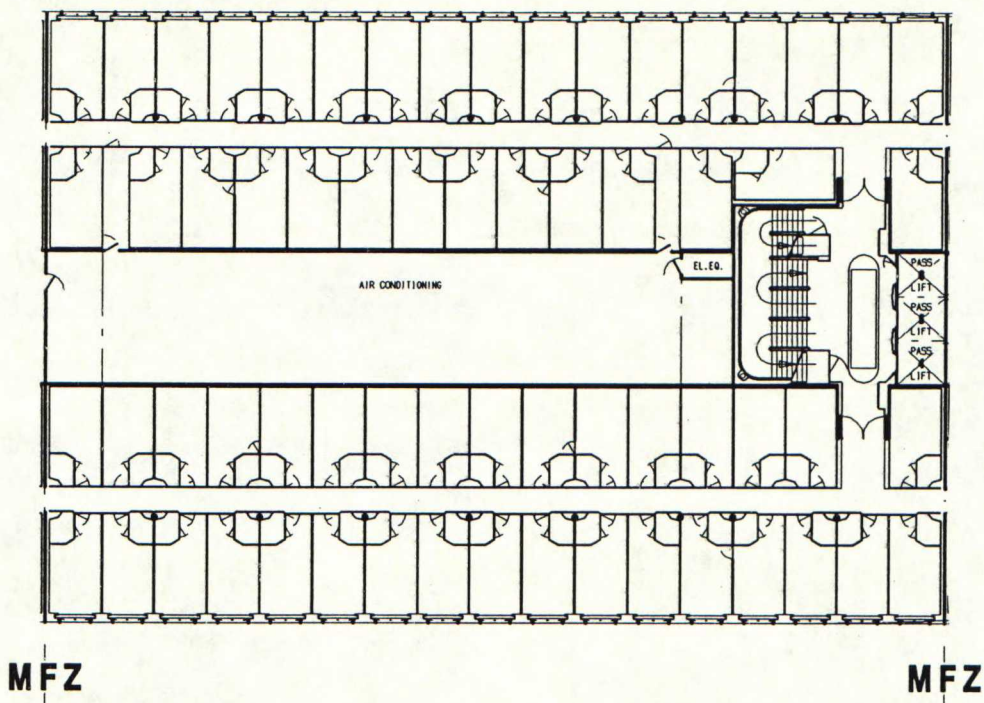
## 7.4 Kytkenät ja kaapelointi

### 7.4.1 Yleistä

Laiva jaetaan pystysuunnassa pääpalovyöhykkeisiin, jotka ulottuvat ylimmältä kannelta alimpaan kanteen. Periaatteessa savuhätävalaistuksessa laivan palovyöhyke on ymmärrettävä hyvin pitkälti omaksi itsenäiseksi vyöhykkeekseen. Kaapelointeja ja kytkentöjä ei tehdä vyöhykkeeltä toiselle laivan vaakasuunnassa, koska tällöin jouduttaisiin käyttämään erikseen palonkestäviä kaapeleita, mitkä lisäävät kustannuksia ja vähentävät järjestelmien luotettavuutta. Paloalueella ymmärretään telakalla pienempää aluetta kuin palovyöhyke. Yhdellä paloalueella voi esimerkiksi olla pelkästään hyttejä. Tässä työssä puhuttaessa paloalueesta tarkoitetaan tällaista yhdellä kannella olevaa hyttialuetta. Porraskäytävät puolestaan muodostavat oman ns. alipalovyöhykkeen. Koska paloalueen raja ei ole pystysuunnassa sama asia kuin vaakasuunnassa voidaan esimerkiksi porraskäytävillä syöttää useampia kerroksia samasta virtalähteestä.

Käytännössä laivoissa on yhdellä pääpalovyöhykkeellä vähintään yksi hätävalaistuksen ryhmäkeskus (ELB), usein jopa kaksi, yksi laivan yläosassa ja yksi alaosassa. Koska savuhätävalaistus voidaan kytkeä samaan verkkoon muun hätävalaistuksen kanssa (jännitteet samat), voidaan savuhätävalaistuksen syötölle johtaa sähkö periaatteessa lähimmältä normaalin hätävalaistuksen jakorasialta.

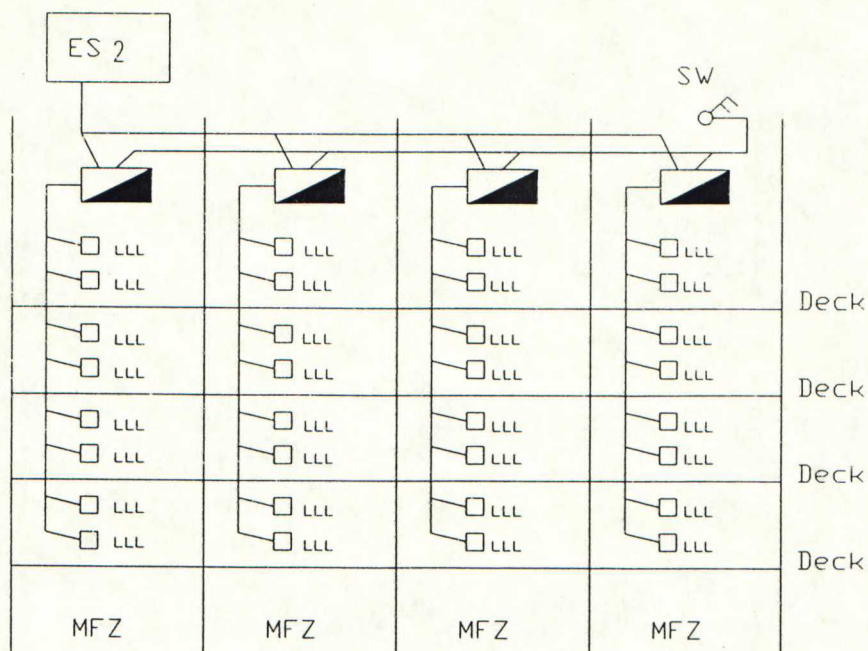




**Kuva 31.** Esimerkki tyypillisestä risteilijäaluksen paloalueesta.

#### 7.4.2 Virtalähteen ensiöpuoleinen syöttöjärjestely

Savuhätävalaistusjärjestelmän virtalähteiden ensiöpuoleinen syöttöjärjestely voitaisiin järjestää kuvan esittämällä tavalla. Kuvan 32 mukaan savuhätävalaistus kytketään hätäjakelutaulu ES2:een. Kytkettäessä järjestelmä ES2:een on muistettava, että viranomaiset saattavat vaatia järjestelmälle lisäksi vähintään puolen tunnin keskusakustovarmennuksen.



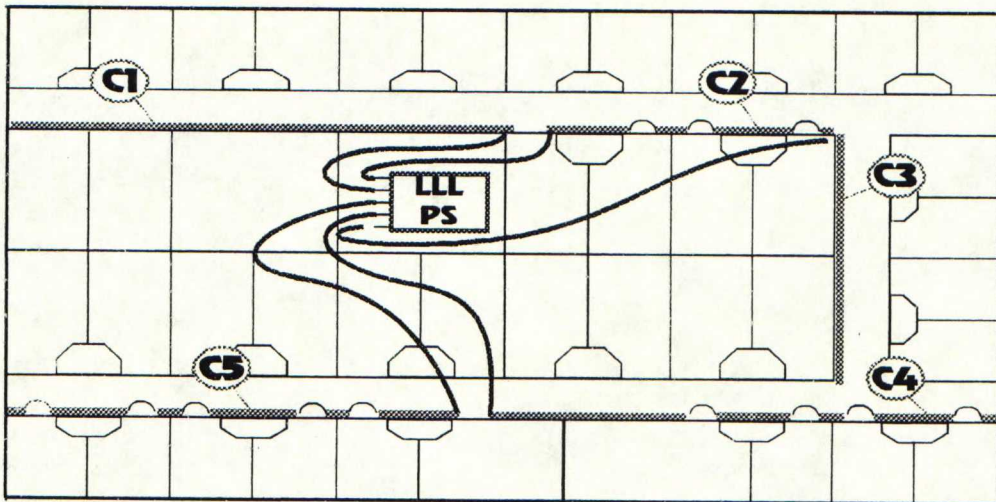
**Kuva 32.** Periaatekuva savuhätävalaistusjärjestelmän kytkemisestä ES2:een. ES2=hätäjakelutaulu (ei keskusakustovarmennusta). /27,35/



Kun järjestelmää syötetään edellisen kuvan 32 mukaisesti palovyöhykkeittäin keskusten kautta, muodostuu ohjauksen kaapelointi helpommaksi. Koska koko järjestelmä on voitava manuaalisesti kytkeä komentosillalta, voidaan valaisimet kytkeä ja sammuttaa keskusten kautta, ja näin ollen jokaista virtalähdettä (valaisinta) ei tarvitse kaapeloida erikseen.

#### 7.4.3 Virtalähteen toisiopuoleinen syöttöjärjestely

Jos virtalähteen toisiopuolen syöttöjärjestelyssä yhdellä paloalueella sallitaan, että ainoastaan yksi virtalähde syöttää koko aluetta, voidaan tämä sijoittaa keskitetysti ja syöttää järjestelmää esimerkiksi kuvan 33 esittämällä tavalla. Syöttämällä savuhätävalaistuksen valonauhaa useammasta kohdasta, voidaan järjestelmän luotettavuutta lisätä. Toisaalta koko paloalue voi pimeytyä virtalähteen rikkoontuessa. Esimerkiksi LED-nauhaa syötettäessä on otettava huomioon jännitehäviöt, jotka saattavat nauhan loppupäässä muodostua liian suuriksi, mikäli pitkää nauhaa syötetään ainoastaan yhdestä kohdasta. Syöttämällä nauhaa useammasta kohdasta kaapeloinnin määrä kuitenkin lisääntyy. /27,35/



**Kuva 33.** Savuhätävalaistuksen sähkönsyöttö paloalueella yhdellä virtalähteellä. Kuvassa LLL PS tarkoittaa savuhätävalaistuksen virtalähdettä ja C1...C5 syötettäviä valonauhoja.

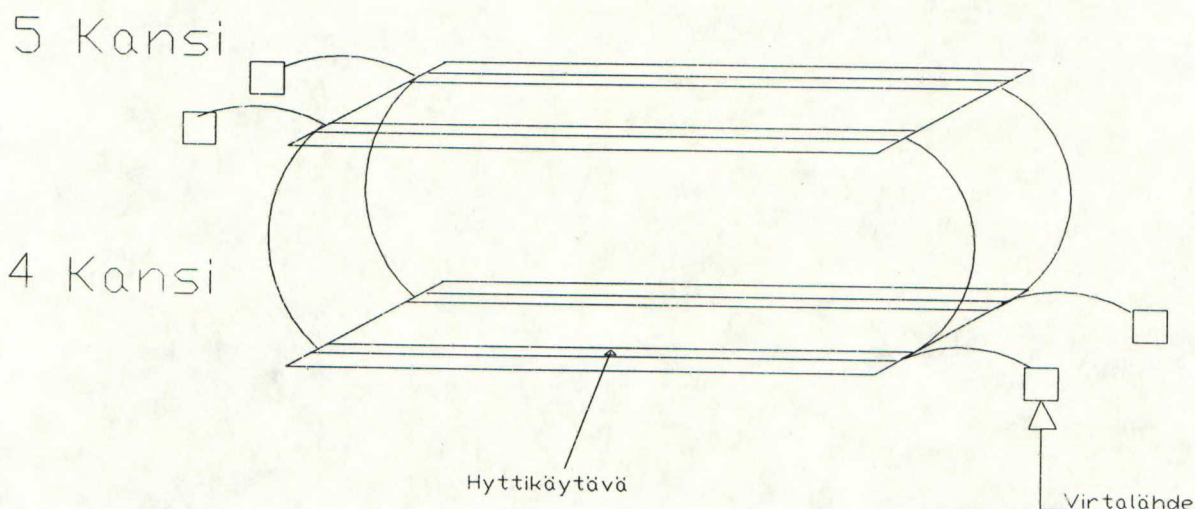
Viranomaiset saattavat tulkita, että valonauhoja on syötettävä jokaisella hyttikäytävällä erikseen omilla virtalähteillään. Mikäli syöttöpisteiden määrille ei ole erikseen vaatimuksia, voi virtalähteen hyvä sijainti joissakin tapauksissa olla hyttikäytävän puolella välissä. Tällöin jännitehäviöt jäävät pienemmiksi nauhan loppupäässä. Virtalähde on hyvä sijoittaa hyttien välissä olevaan huoltotilaan, jonne on helppo päästä huoltotoimiin.

Virtalähteitä voidaan myös vaatia käytävän molempiin päihin, mikä pahimmassa tapauksessa saattaa tarkoittaa sitä, että niitä on neljä kappaletta jokaisella paloalueella (kaksi hyttikäytävää). Kaapeloidamalla ja kytkemällä järjestelmät eri tavalla voidaan niiden luotettavuutta parantaa oleellisesti. Kaapeloinnin määrä tietysti lisääntyy, mutta onkin löydettävä oikea optimitilanne kaapeloinnin ja luotettavuuden välillä. Seuraavassa on esitetty muutamia tapoja tehdä yhden paloalueen kaapeloinnit (LED-järjestelmällä):



- Jokaisen hyttikäytävä- sekä porraskäytäväalueen valonauhat voi olla syötetty ja johdotettu kahteen kertaan. Esimerkiksi jos paloalueella on kaksi hyttikäytävää, on näillä yhteensä neljä virtalähdettä (käytävän molemmissa päissä). Kukin virtalähde kykenee syöttämään koko hyttikäytävää.
- Virtalähteiden määrä paloalueella voidaan pudottaa puoleen, tällöin voidaan molempien hyttikäytävien valonlähteet kytkeä ristikkäin kumpaankin virtalähteeseen. Virtalähteen teho vaikuttaa tietysti siihen, kuinka pitkää valonauhaa sillä voidaan syöttää.
- Kuten edellä mainittu tapa, mutta virtalähteillä syötetään puolet vähemmän valonauhaa. Kyseisellä kytkennällä saavutetaan IMO:n vaatima 35 mcd helpommin kuin edellisessä tapauksessa.
- LEDit voidaan kytkeä nauhassa siten, että joka toinen saa syöttönsä eri virtalähteestä. Näin vian sattuessa joka toinen LED jää palamaan. Kyseinen kytkentätapa vaatii toimiakseen kuitenkin moniraitaisen LED-nauhan.

Kaapelointi voidaan järjestää myös siten, että syötetään hyttikäytäväkohtaisesti samalla virtalähteellä kahta kantta samaan aikaan kuvan 34 mukaisesti. Kyseisellä järjestelyllä vältetään ristikkäisiltä kaapelin vedoilta itse hyttialueella. Lisäksi tarvitaan ainoastaan kaksi virtalähdettä yhtä kantta kohden. Jos esimerkiksi ylemmän kannen virtalähteet menevät epäkuntoon, valonlähteet saavat vielä syötön alemman kannen virtalähteistä.



**Kuva 34.** Ajatus savuhätävalaistuksen syötön järjestämisestä paloalueen hyttikäytävillä. Ristikkäisiltä kaapeloinneilta itse hyttialueella voidaan välttyä syöttämällä virtalähteitä pystysuunnassa kuvan mukaisesti. /27/

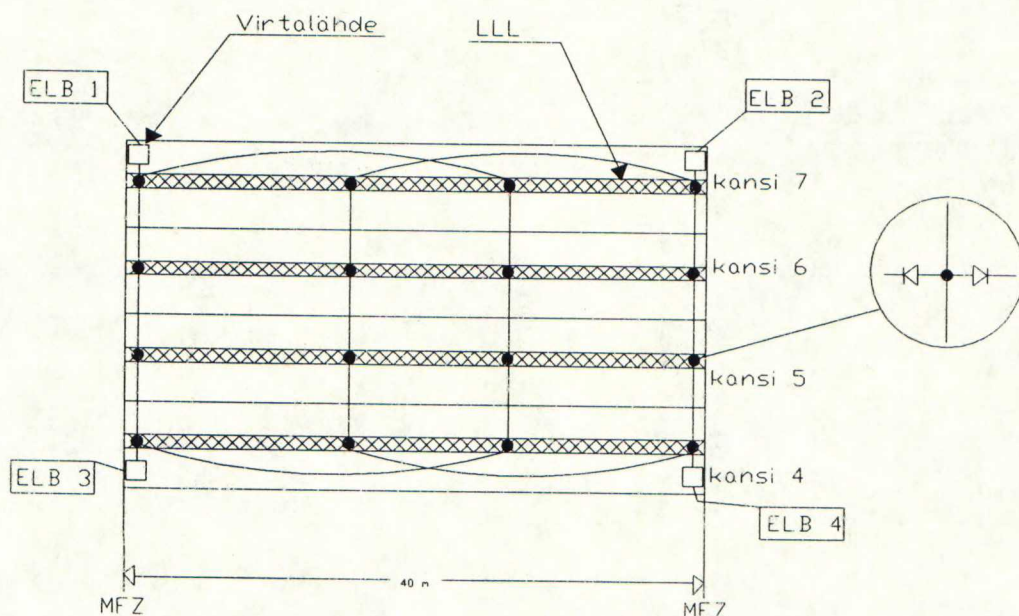
Mikäli viranomaiset sallivat useampien kansien valonlähteiden syötön yhdellä kannella olevasta virtalähteestä, voidaan hyttikäytäviä syöttää kuvan 35 mukaisesti. /27/ Savuhätävalaistuksen virtalähteet sijaitsevat esimerkkitapauksessa kannella 4 ja 7 käytävien päissä. Virtalähteet saavat tehonsa hätäjakeluverkosta (ELB). Ne voidaan kytkeä eri hätävalaistuksen ryhmäkeskuksiin järjestelmän luotettavuuden lisäämiseksi. Valonauhoja syötetään jokaisella kannella molemmista päistään. Lisäksi syöttöpisteitä on myös valonauhojen keskiosissa. Syötöt eri kansille johdetaan huoltotilojen läpi kannesta toiseen menevillä kaapeloinneilla. Virtalähteet kytketään syöttökaapeleihin kuvan 35 esittämällä tavalla. Jokaisessa syöttöpisteessä on diodit suojaamassa järjestelmää vikojen leviämiseltä. /27/

Kuvan 35 mukainen järjestelmä toimii periaatteessa yhdellä virtalähteellä. Virtalähteet on tietysti mitoitettava tarpeeksi suureksi, jotta niiden teho riittäisi kaikille valonauhoille. Järjestelmä toimii



myös, mikäli esimerkiksi yhdessä kannelta toiseen menevässä kaapelissa sattuu oikosulku, joka rikkoo kaapelia syöttävät virtalähteet. Diodit rajoittavat vian ainoastaan niihin virtalähteisiin, jotka syöttävät kyseistä kaapelia. Kuvan 35 mukaisessa kytkennässä tarvitaan suhteellisen vähän virtalähteitä. Niiden teho on kuitenkin oltava suhteellisesti suurempi, mikä on otettava huomioon kustannuksia vertailtaessa.

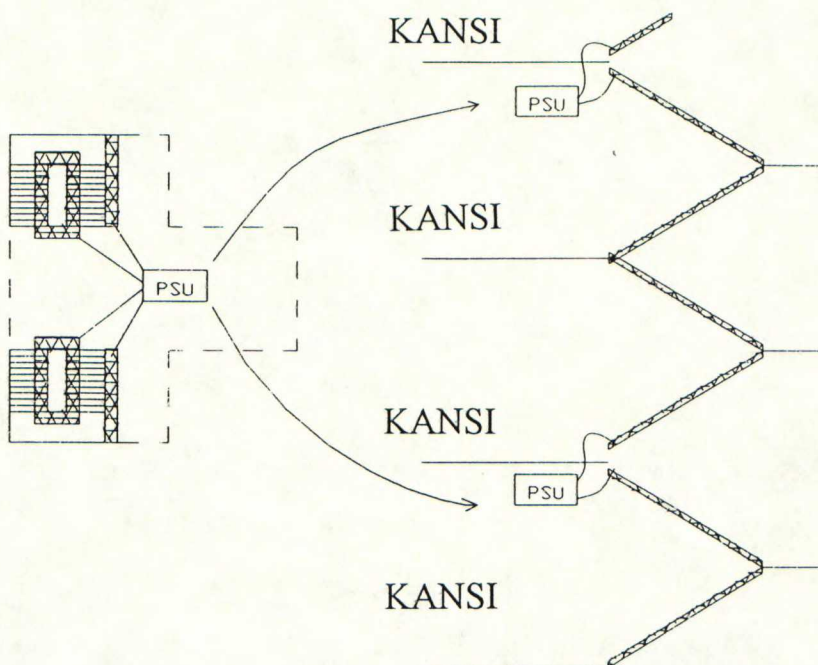
Valonauhojen virtalähteet on myös mahdollista sijoittaa palovyöhykkeen rajalle. Näin voidaan valonauhaa syöttää ketjutetusti palovyöhykkeiden yli. On kuitenkin huomioitava, että palovyöhykkeen ylittäminen vaatii palonkestävät kaapelit. Kaikki viranomaiset eivät välttämättä hyväksy kyseistä tapaa. /66/



**Kuva 35.** Neljän hyttikäytäväpaloalueen syötön järjestely. Kuva esittää laivan toisen puolen hyttikäytäviä (vrt. kuva 34). Kytkenässä tarvittavien virtalähteiden lukumäärä on pieni, mutta virtalähteiden teho on oltava riittävä vikatilanteita ajatellen. /27/

Portaikoissa savuhätävalaistusta voidaan syöttää useampia kerroksia samasta virtalähteestä kuvan 36 tavoin. Portaikoissa on syytä huomioida, että valonlähteille järjestetään syötöt valonauhan molemmista päistä, jotta järjestelmä olisi luotettavuudeltaan hyttikäytäviä vastaava.

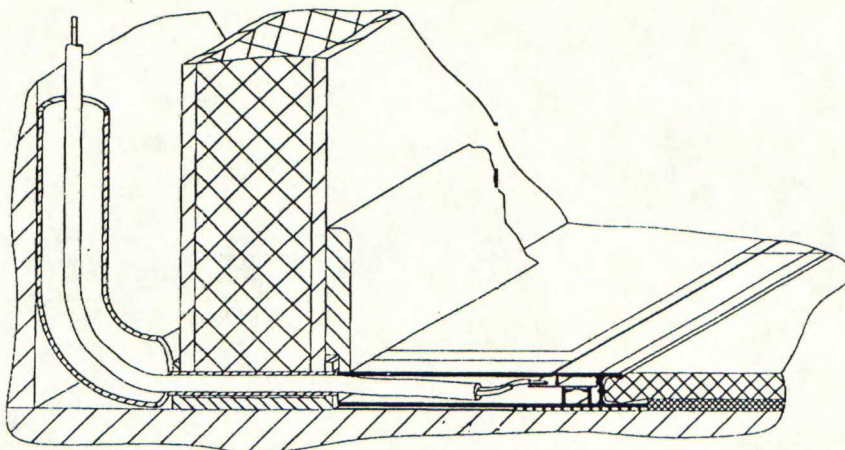




**Kuva 36.** Periaatekuva savuhätävalaistuksen sähkönsyötöstä portaikoissa. PSU=virtalähde. /27,35/

#### 7.4.4 Valonauhan syöttäminen laipion läpi

Kuvassa 37 on havainnollistettu, miten yhtenäisesti jatkuvalle lattiaan asennetulle valonauhalle syöttö on järjestettävissä laipion läpi tullessa. Mikäli esimerkiksi hyttikäytävältä syöttö valonauhalle otetaan hyttikäytävän puolesta välistä, se kannattaa ottaa hyttien välissä olevan huoltotilan kohdalta.



**Kuva 37.** Yhtenäisesti jatkuvan valonauhan sähkönsyöttö (laipion läpi).

#### 7.4.5 Puolijatkuvien järjestelmien kaapeloinnista

Puolijatkuvilla savuhätävalaistusjärjestelmillä kaapeloinnin määrä lisääntyy lattia-asennettuihin yhtenäisesti jatkuviin valonauhoihin verrattuna, koska jokaiselle valaisimelle on vedettävä oma kaapelinsa. Puolijatkuvien järjestelmien valonlähteet ovat yleensä suoraan kytkettävissä normaalin hätävalaistuksen verkkoon, sillä näiden valonlähteet eivät vaadi toimiakseen jännitteen tai taajuuden muuttamista (vrt. EL-nauhat). Joissakin järjestelmissä käytetään kuitenkin valonlähteitä, joita on



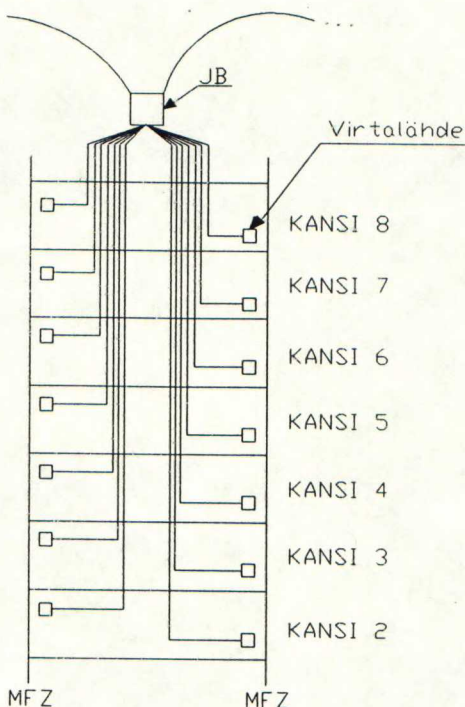
syötettävä pienemmällä jännitteellä. Näissä tarvitaan siten erilliset muuntajat. Yleensä valmistaja ilmoittaa, kuinka monta valaisinta muuntajan takana saa olla. Normaaleja merkki- ja turvavalaisimia voidaan syöttää peräkkäin useampia, kuitenkin standardien ja viranomaisten vaatimukset huomioon ottaen. Esimerkiksi Lloyd's:in luokituslaitos sallii korkeintaan 18 valaisinta yhdessä ryhmässä. /25,35/

Puolijatkuvien järjestelmien valonlähteet on syytä sijoittaa hyttien välissä olevan huoltotilan kohdalle, jonne kaapelointi on helpompi tehdä. Kyseinen sijainti on hyvä myös valaisimien huollon kannalta. Jos järjestelmässä käytetään muuntajia, voidaan nekin sijoittaa johonkin sopivaan huoltotilaan, siten että ne sijaitsevat keskeisesti valaisimiin nähden. Muuntajia voi tietysti olla jopa yksi valaisinta kohden. Eri kytkentätavoilla voidaan vaikuttaa järjestelmän luotettavuuteen.

#### 7.4.6 Järjestelmän ohjauskaapelointi

Jotta koko järjestelmä saataisiin kytkettyä päälle komentosillalta, täytyy sinne jokaiselta virtalähteeltä vetää kaapelit joko erikseen tai ketjutettuna. Kaapelit voidaan kerätä palovyöhykkeittäin siten, että jokaiselta virtalähteeltä vedetään erikseen oma kaapelinsa yläkansille, joissa ne liitetään yhteen jakorasiassa. Eri palovyöhykkeiden yhdistetyt kaapelit viedään sitten komentosillalle asti (kuva 38). Kaapelit voidaan myös ketjuttaa siten, että ylöspäin mentäessä kerätään kaikki matkan varrella olevat virtalähteet samaan kaapeliin. Ristikkäisiä vetoja paloalueilla ei kuitenkaan välttämättä suosita, sillä kaapeliradat kulkevat yleensä hyttikäytävien yläpuolella, eikä poikittaisia ratoja välttämättä ole.

Ohjauksen kannalta voi olla ongelmallista, mikäli ohjaussignaali annetaan potentiaalivapaiden koskettimien avulla. Jos virtalähteissä ei ole omaa logiikkaansa, voi käydä niin, että vaiheet sekoittuvat, kun virtalähteet kytketään yhteen keskitetyn signaalin antamiseksi. Kyseinen ongelma voidaan välttää varustamalla yläkannella olevat jakorasiat releillä. /27,35/



Kuva 38. Eräs tapa tehdä savuhätävalaistuksen ohjauskaapelointi. /27/



### 7.5 Savuhätävalaistuksen määrä uudessa suurehkossa risteilijässä

Tähän kappaleeseen on koottu yhteen tämän diplomityön puitteissa suoritettuja laskelmia, jotta lukija hahmottaisi, kuinka paljon savuhätävalaistusjärjestelmien eri komponentteja tarvitaan eri perustein. Laskettavassa laivassa on 15 kantta, joista matkustajien hyttitiloja on viidessä. Pääpalovyöhykkeitä on kuusi. Matkustajien käytössä olevia itsenäisiä hyttikäytäväalueita on 21 kappaletta. Miehistön hyttialueita puolestaan on noin kuusi kappaletta. Matkustajien käytössä olevia porraskuiluja on melkein jokaisen pääpalovyöhykkeen sisällä ja yhteensä vajaa kymmenen kappaletta. Miehistöporraskuiluja on noin 15 kappaletta.

Jos yhdellä kannella olevalla hyttialueella on kaksi käytävää ja näitä vaaditaan syötettäväksi molemmista päistään ja jos portaikkojen valaistusta syötetään monta kerrosta yhdestä pisteestä, tarvitaan virtalähteitä kaiken kaikkiaan noin 100 kappaletta, kun miehistötilat jätetään kokonaan pois laskuista. Mikäli virtalähteiden määrille ei erikseen aseteta kriteereitä, eli sallitaan, että yksi virtalähde voi syöttää koko hyttialuetta, laskettiin virtalähteitä tarvittavan noin 40-50 kpl. (matkustajatilat).

Yhtenäisesti jatkuvana lattiaan asennettuna järjestelmää tarvitaan muualle paitsi miehistöalueille noin 3000-4000 m riippuen siitä, kuinka paljon yleisötiloihin ja portaikkoihin loppujen lopuksi järjestelmää vaaditaan ja halutaan. Laskelmissa on huomioitu poistumisovien kahvalle johdetut osuudet (n. metrin pituisia).

Seinäasennuksessa tarvittavan valonauhan metrimäärä pienenee. Esimerkkialuksen matkustajatiloissa tarvittiin noin 3000-3500 m, eli noin 90 % lattia-asennuksen määrästä. Puolijatkuvana toteutettuna ja valaisimet siten sijoitettuna, että ne sijaitsevat jokaisen hyttien välissä olevan huoltotilan kohdalla, laskettiin, että valaisimia tarvitaan noin 700 kappaletta, kun poistumistien varrella olevat ovet jätetään tämän laskelman ulkopuolelle.

Pakotien varrella olevia poistumisovien merkintöjä, palo- ja vesitiiviit ovet mukaanlukien, laskettiin tarvittavan pelkästään matkustajien käyttämillä alueilla noin 250 kappaletta, kun huomioidaan, että joissakin tapauksissa merkintöjä tarvitaan ovien molemmin puolin.

Portaikkojen ylimpiä ja alimpia askelmia esimerkilaivassa on matkustajien käyttämillä alueilla noin 400 kappaletta, kun otetaan huomioon myös varapakotiet.

IMO:n kilpien määrää on vaikea määrittää ellei tunneta laivan pakotiesuunnitelmaa. Tämän vuoksi määrää ei ole tässä yhteydessä arvioitu.

**Taulukko 4.** Savuhätävalaistuksen eri osien arvioitu määrä suuressa risteilijäaluksessa (Kværner Masa-Yards NB 492).

Savuhätävalaistuksen osa	määrä
	m/kpl
LLL-valonauha (profiili)	
-lattiaan asennettuna	3500-4000 m
-seinään asennettuna	3000-3500 m
Merkki- tai turvavalaisin (ei ovien luona)	700 kpl
ovimerkinnät (exit)	250 kpl
ylimmät ja alimmat askelmat	400 kpl
virtalähteet	100 kpl



Eri järjestelmien hinnat vaihtelevat suuresti. Suuren risteilijäaluksen savuhätävalaistusta maksaa tällä hetkellä taulukossa 4 esitetyillä komponenteilla 600000 - 2000000 mk. LED ja EL-järjestelmät ovat tyypillisesti kalliimpia kuin tavanomaisilla merkki- tai turvavalaisimilla tarjotut savuhätävalaistusjärjestelmät.

## 7.6 Yhteenveto

Savuhätävalaistus voidaan toteuttaa joko sähköisesti tai jälkivalaisevana. Sähköisten savuhätävalaistuksen valonlähteistä kilpailevat keskenään kovimmin tällä hetkellä LEDit ja EL-nauhat. Valonlähteet asennetaan profiiliin, jolloin järjestelmästä tulee yhtenäisesti jatkuva. Käytettäessä tavanomaisia merkki- tai turvavalaisimia, voidaan ne asentaa tietylle etäisyydelle toisistaan. Tällaisen puolijatkuvan järjestelmän luotettavuuden tulee kuitenkin olla yhtenäisesti jatkuvia järjestelmiä vastaava (todettava testein). Jälkivalaisevia nauhamerkintöjä voidaan käyttää poistumistien merkitsemiseksi siellä, missä arkkitehtoonisilla seikoilla ei ole niin suurta merkitystä, lisäksi on muistettava sijoittaa nauhat siten, että ne saavat riittävästi ympäröivää varaavaa valaistusta.

On erilaisia näkemyksiä siitä, tarviiko savuhätävalaistukselle järjestää hätägeneraattorisyytön lisäksi keskusakustovarmennusta. Mielestäni savuhätävalaistuksen on oltava sähköisesti vähintäänkin yhtä luotettava kuin normaali hätävalaistus. Tällöin savuhätävalaistus kytketään ES3:een tai luotettavuudeltaan vastaavaan hätäjakelutauluun. Kytkettäessä järjestelmä ES2:een taataan puolen tunnin akustosyöttö, joko keskitetyllä tai hajautetuilla invertteriyksiköillä (akustoineen).

Lopullinen savuhätävalaistuksen määrä laivassa riippuu tehdyistä tulkinnoista ja ratkaisuista. Karkeasti todettakoon, että järjestelmää tarvitaan suureen risteilijäalukseen yhtenäisesti jatkuvana noin 3500 m. Vaihtoehtoisesti yksittäisiä merkkivalaisimia tarvitaan noin 1000 kappaletta. Markkinoilla olevien järjestelmien hinnat vaihtelevat suuresti. Tällä hetkellä kalleimpia ovat alumiiniprofiiliin asennettavat LED- ja EL järjestelmät. Merkkivalaisimet ovat akuttomina edellisiä järjestelmiä, sekä materiaali- että asennuskustannuksiltaan halvempia. Halvimmillaan savuhätävalaistus on toteutettavissa jälkivalaisevana.



## 8 SAVUHÄTÄVALAISTUSJÄRJESTELMIEN VERTAILUA

### 8.1 Yleistä

Savuhätävalaistusjärjestelmiä on monenlaisia ja jotkut niistä soveltuvat paremmin sääntöjen puitteissa asennettaviksi tiettyyn paikkaan kuin toiset. Tämän vuoksi järjestelmiä on vertailtava keskenään eri näkökulmilta ja selvitettävä eri järjestelmätyyppien edut ja haitat olosuhteet huomioiden. Seuraavassa on käsitelty järjestelmien valinnoissa esiintulevia vaihtoehtoja ja pyritty selventämään niissä vaikuttavia asioita. Seuraavia järjestelmiä ja asioita on asetettu vastakkain:

- sähköinen-/jälkivalaiseva järjestelmä
- keskitetty-/hajautettu järjestelmä
- yhtenäisesti jatkuva-/puolijatkuva järjestelmä
- LEDit/EL-nauhat valonlähteinä
- jatkuvasti toimiva/automaattisesti aktivoituva järjestelmä
- lattia-/seinäasennus

### 8.2 Sähköinen- vai jälkivalaiseva järjestelmä?

Kun vertaillaan käsiteltäviä järjestelmätyyppejä asennuksen suhteen on tätä ennen huomioitava, että jälkivalaisevat nauhat on mahdollista liimata suoraan seinäpintaan, käyttämättä profiileja. Nauhat voidaan tietysti myös asentaa samalla tavalla kuin valonauhatkin profiiliin, jolloin asennustapa molemmilla järjestelmätyypeillä on kutakuinkin sama.

Jälkivalaisevilla merkinnöillä on helppoa ja järkevää merkitä poistumistien varrella olevat kulmat ja muut esteet. Vaikka järjestelmä toteutettaisiinkin sähköisesti, kannattaa kulmat ja esteet lisäksi merkitä loisteaineilla, koska kyseiset alueet ovat usein satunnaisesti paikallisia. Jälkivalaisevat materiaalit soveltuvat hyvin myös portaiden ylimpien ja alimpien askelmien merkitsemiseen, koska näiden toteuttaminen sähköisesti ei välttämättä vaikean johdotuksen takia ole helppoa. Palosammutusvälineiden sekä, palo- ja vesitiiviiden ovien merkitseminen tehdään myös jälkivalaisevilla kilvillä käytännöllisistä syistä.

Jälkivalaisevat merkinnät eivät tarvitse sähköä toimiakseen. Näin välttyään kokonaan sähkönjakelun tuottamista ongelmatilanteista. Näin ollen ns. black-out -tilanteissa on merkinnät havaittavia materiaalille ominaisen tietyn ajan. Kaapelointi syöttöineen on sähköisissä järjestelmissä keskeisellä sijalla, kun halutaan tehdä mahdollisimman toimiva järjestelmä. Lisäämällä sähköisissä järjestelmissä virtalähteiden ja syöttöpisteiden lukumäärää, voidaan oleellisesti vaikuttaa järjestelmän luotettavuuteen. Todennäköisyys, että koko järjestelmä pimenee saadaan oikeilla menettelytavoilla pieneksi.

Jälkivalaisevat nauhat voivat olla melko arkisen näköisiä. Näin ollen ne eivät välttämättä ole kauneimmillaan edustavan näköisissä tiloissa. Tietyt merkinnät ovat kuitenkin aina välttämättömiä (esim. palosammutusvälineet), ja niiden on oltava mahdollisimman näkyviä kaikissa olosuhteissa, koska hätätilanteessa ei ole aikaa niiden etsimiseen. Voidaankin kysyä, kuinka hyvin järjestelmien täytyy sopia muuhun ympäristöönsä. Onhan "ruma" merkintä silmiinpistävä ja näin ollen erottuva. Miehistötiloissa voidaan jälkivalaisevia nauhoja käyttää erittäin perustellusti, koska kyseisten tilojen sisustus on muutenkin arkinen. Jälkivalaisevia nauhoja käytettäessä on huomioitava, että käytössä nauhat saattavat kutistua jonkin verran. Koeasennuksissa on todettu nauhojen irtoilevan tämän vuoksi.

Jälkivalaisevalla materiaalilla ei päästä läheskään samoihin luminanssiarvoihin, kuin mitä valaisimilla, jolloin niiden näkyvyys pimeässä ja vähäisessä savussa on heikompi valaisimiin verrattuna. Tosin savuhätävalaistusohteissa sallitaan, että loisteaineiden luminanssiarvot saavat olla noin tuhannesosan valaisimien vastaavasta arvosta (ks. savuhätävalaistusohteet). Luminanssin



merkitys on kuitenkin todettu pienenevän suurilla savuntiheyksillä, jolloin katsomisetäisyys muodostuu tärkeämmäksi tekijäksi. Näin ollen jälkivalaisevien materiaalien kilpailukyky paranee jonkin verran suurilla savuntiheyksillä.

Ympäröivä valaistus saattaa haitata jälkivalaisevien merkintöjen havaittavuutta, kun tilassa on vähän savua. Toisaalta tarvitaan tarpeeksi tehokasta ympäröivää valaistusta varaamaan jälkivalaiseva materiaali, jotta se ylipäänsä voisi toimia savun ilmaannuttua. Jälkivalaisevia materiaaleja käytettäessä onkin huomioitava, että ympäröivä valaistus on riittävä. On myös muistettava, että fotoluminesenssit pystyvät ainoastaan rajoitetun ajan emittoimaan säteilynsä riittävän suurena.

Sähköiset järjestelmät ovat kaiken kaikkiaan todettu erottuvammaksi suurempien luminanssiarvojen takia, varsinkin pienemmillä savuntiheyksillä. Tärkeää on, että järjestelmä toimii mahdollisimman hyvin kaikissa olosuhteissa.

Uusiin laivoihin suositeltavampaa on asentaa järjestelmä sähköisenä, koska tällaisen järjestelmän asennuskustannukset ovat alhaisemmat laivan rakentamisvaiheessa. Sähköisen järjestelmän valintaa uusiin laivoihin puolustaa myös se että niillä aikaansaadaan paremmat valaistusolosuhteet kuin jälkivalaisevilla nauhoilla toteutettuna, jolloin järjestelmä on yksinkertaisesti opastavampi kuin loisteaineilla tehty. Vanhoissa laivoissa jälkivalaisevia merkintöjä käytettäneen enemmän kuin uusissa, koska sähköisen järjestelmän perustamiskustannukset ovat suhteellisen korkeat. Vanhoissa ro-ro-matkustajalaivoissa on monasti jo valmiina jälkivalaiseva lisähätävalaistusjärjestelmä, jolloin tätä voidaan hyödyntää savuhätävalaistuksessa. Suositeltavampaa kuitenkin on toteuttaa savuhätävalaistus vanhoihin laivoihin myös sähköisenä, koska se on kaiken kaikkiaan luotettavampi ja näkyvämpi vaihtoehto.

### 8.3 Keskitetty vai hajautettu järjestelmä?

Savuhätävalaistus voidaan toteuttaa pelkästään merkki- ja turvalaisimilla (puolijatkuvat järjestelmät), joko siten, että valaisimia syötetään keskitetysti tai valaisinyksikköjärjestelmää käyttäen. Eri järjestelmävaihtoehtoilla on tietysti etuja ja haittoja.

Valintakriteerinä on pidettävä lähinnä toimintavarmuutta ja huollettavuutta, koska kysymyksessä on turvajärjestelmä. Käyttö- ja huoltokustannukset muodostavat myös merkittävän tekijän järjestelmää valittaessa. /28/

Merkki- ja turvalaisinjärjestelmän (perustamis)kustannukset muodostuvat laite-, kaapeli- ja asennuskustannuksista. Valaisinyksikköjärjestelmässä kaapelointikustannus on pieni keskusakustojärjestelmään verrattuna, mutta valaisimien yksikköhintojen johdosta laitekustannus on keskusjärjestelmää korkeampi. /28/

Valaisinyksikköjärjestelmän huolto verrattuna keskusakustojärjestelmään on kalliimpaa hajautetun elektroniikan ja akkujen vuoksi. Lisäksi akkujen sijoitus valaisimien sisään lisää niiden uusiutumistarvetta eliniän lyhentyessä (korkeampi lämpötila lyhentää akun elinikää). Toisaalta valaisinyksikköjärjestelmä on kuitenkin aina käyttövarmempi, koska yhden akun toimintahäiriö ei saata koko järjestelmää toimintakyvyttömäksi. /28/

Karkeasti ottaen todettakoon, että valaisinyksikköjärjestelmän edullisuus korostuu kohteissa, joissa valaisimien lukumäärä on pieni tai niiden väliset etäisyydet ovat erityisen suuria. Keskitetty järjestelmä puolestaan soveltuu paremmin kohteisiin, joissa valaisimia on paljon ja tiheään. /28/



#### 8.4 Yhtenäisesti jatkuva- vai puolijatkuva järjestelmä?

Katsomisetaisyyden ollessa luminanssia merkittävämpi tekijä savussa on eduksi, että järjestelmä on kaikkialla yhtenäisesti jatkuva. Jos tilassa oleva savu on kaikkialla tiheää, on oleellista, että etäisyys valolähteen sekä havaitsijan välillä pysyy jatkuvasti suurinpiirtein samana ja pienenä. Puolijatkuvien järjestelmien ongelmana on se, että valaisimet tiheässä savussa jäävät helpommin savun peittoamaksi valonlähteiden välisen suuren etäisyyden takia. Toisaalta, jos savuntiheys on alhaisempi, puolijatkuvat järjestelmät voivat suuren luminanssinsa ansiosta olla jopa näkyvämpiä kuin yhtenäisesti jatkuvat.

Puolijatkuvat järjestelmät tuottavat poistumistielle huomattavasti suuremman valaistusvoimakkuuden kuin yhtenäisesti jatkuvat järjestelmät. Erään norjalaisen valmistajan mukaan puolijatkuvien järjestelmien mukaiset merkki- ja turvavalaisimet voisivat hoitaa myös normaalin hätävalaisimien tehtävät. Tämä on kuitenkin ongelmallista, koska SOLAS-säännöt vaativat, että savuhätävalaistus on asennettava tavanomaisen hätävalaistuksen lisäksi. Erillisillä valaisimilla toteutetut järjestelmät mahdollistavat kuitenkin muun valaistustason pienentämisen, jolloin tilan valaistusvoimakkuudet vielä pysyvät suositetulla tasolla. Toisaalta yhtenäisesti jatkuvien järjestelmien filosofia on hieman erilainen. Niiden tarkoitus ei ole valaista poistumistietä, vaan muodostaa näkyvä juova, jota seuraamalla löydetään poistumistien oikea suunta.

Yhtenäisesti jatkuvalla järjestelmällä on helpompi merkitä samaa järjestelmää käyttäen poistumistien kaikki kulmat ja suunnanmuutokset selvästi, koska järjestelmä käytännössä seuraa kaikkia pintoja. Puolijakuvissa järjestelmissä oletetaan, että valaistustaso on riittävän suuri, jotta nämä erottuisivat. Tosin puolijatkuvissa järjestelmissä voidaan erikseen käyttää jälkivalaisevia merkintöjä kulmien ja esteiden havainnollistamiseksi.

Puolijatkuvan järjestelmän yksittäinen lamppuvika on ongelmallisempaa yhtenäisesti jatkuviin järjestelmiin verrattuna. Yhden lampun rikkoontuminen saattaa johtaa liian suureen lamppujen väliseen etäisyyteen. Savussa tämä on erittäin huono tilanne, koska katsomisetaisyys saattaa muodostua liian suureksi. Valaisimen luminanssi ei takaa näkyvyyttä suurilla savuntiheyksillä. Toisaalta järjestelmän valaisimet varustetaan yleensä valaisimen sisään asennettavalla varalampulla, jolloin se pysyy toimintakuntoisena viän sattuessakin palavassa lampussa.

Yhtenäisesti jatkuvien järjestelmien valonlähteitä voidaan syöttää siten, että yhden virtalähteen takana on jopa toistasataa metriä valonauhaa. Jos vika aiheutuukin syötössä, ja yhtenäisesti jatkuvaa järjestelmää syötetään ainoastaan esimerkiksi hyttikäytävän toisesta päästä, voi järjestelmä pimeytyä koko käytävän osuudelta. Tällaiselta tilanteelta voidaan välttyä kaapeloimalla järjestelmä ristikkäin.

Yhtenäisesti jatkuvan järjestelmän asennus on nopeaa, kun profiilin voi jatkua esimerkiksi suoraan hyttikäytävää pitkin ilman katkoksia. Myös valaisimien asennus on pintaan asennettuna helppoa, mutta näille joudutaan järjestämään enemmän kaapelointia.

Merkkivalaisimien ulkonäölliset seikat saattavat joskus heikentää niiden valintamahdollisuuksia. Valaisimet eivät ole kauniita, mutta ne erottuvat sitäkin paremmin muusta ympäristöstänsä. Tästä syystä näiden osalta onkin tehtävä kompromissi esteettisyyden ja turvallisuuden välillä.

Mielestäni yhtenäisesti jatkuva savuhätävalaistusjärjestelmä on kaiken kaikkiaan tarkempi, luotettavampi ja parempi vaihtoehto savuhätävalaistukseksi, jos ajatellaan savuhätävalaistuksen perimmäistä toiminta-ajatusta, nimittäin toimia hyvin myös tiheässä savussa.

#### 8.5 LEDit vai EL-nauha valonlähteenä?

Jotta voitaisiin vertailla keskenään LED- ja EL-järjestelmiä, on hyvä selvittää molempien etuja ja haittoja.



LED-järjestelmien hyviä puolia ovat mm:

- LEDien pitkä elinikä (soveltuvat aina päällä oleviksi järjestelmiksi)
- rakenne kestävä ja kevyt
- helppo ja nopea asentaa
- helppo huollettavuus
- alhainen käyttöjännite (turvallisuus)
- tehonkulutus pieni
- voidaan haluttaessa saattaa vilkkumaan havaittavuuden parantamiseksi (ei välttämätöntä)
- eivät aiheuta sähköisiä häiriökenttiä
- LED halpa komponentti: voidaan asentaa tiheämmin profiliin
- näkyvyys savussa suhteellisen hyvä, jos lamput oikein suunnattu

Haittapuolina voidaan pitää:

- IMO:n symboleiden esittäminen vaikeaa LEDeillä.
- LEDit suunnattava oikein, jotta näkyvyys olisi optimaalinen

EL-järjestelmien hyviä puolia ovat mm:

- helppo ja nopea asennettavuus
- helppo huollettavuus
- IMO:n symboleiden esittäminen helppoa
- valo tasaista valonlähteen koko pinnalla, valo monokromaattista
- hyvä kontrasti (näkyvyys savussa hyvä)
- pieni tehonkulutus
- ei sähköisiä häiriökenttiä

Huonoina puolina voidaan pitää:

- lyhyt käyttöikä
- taajuus pidettävä korkeana (tyypillisesti 400Hz), jotta luminassi saadaan suureksi
- turvallisuus (käyttöjännite korkeampi kuin LEDeillä)
- herkkiä suurille hetkellisille virtapiikeille (suojaus)

Se kumpi edellisistä järjestelmistä valitaan riippuu lähinnä siitä, halutaanko järjestelmän olevan aina päällä vai ei. LEDit soveltuvat parhaiten juuri jatkuvatoimisiin järjestelmiin. Tosin LEDit ovat hyviä myös ajoittain toimivissa järjestelmissä. LEDien näkyvyys savussa on tutkimusten mukaan hieman parempi EL-nauhoihin verrattuna. Tämän diplomityön mittausten perusteella laskettiin, että näkyvyys oli LEDeillä kaikilla paitsi erittäin suurilla savuntiheyksillä parempi verrattuna EL-nauhoihin.

LEDit ovat pienen jännitteensä ansiosta turvallisia lattianrajaiseen asennukseen. Kosketuksesta ei aiheudu vaaratilanteita. Tosin suuri kotelointiluokkavaatimus (IP55) parantaa myös EL-nauhojen turvallisuutta.

EL-nauhat tarvitsevat erityisen virtalähteen toimiakseen. Jännite ja taajuus on muutettava sopivaksi hyvän luminanssin vuoksi. LEDejä voidaan periaatteessa syöttää pelkästään muuntajalla. Sekä LEDit, että EL-nauhat ovat asennusteknisesti hyvin samankaltaisia järjestelmiä. Asennuskustannukset lienevät samansuuruiset. Materiaalikustannuksetkin ovat tällä hetkellä samaa luokkaa. Myös ulkonäölliset seikat saattavat osaltaan vaikuttaa valintaan: toinen järjestelmä saattaa sopia paremmin tiettyyn tilaan kuin toinen. LEDit näkyvät pistemäisinä, ja EL-nauhat muodostavat yhtenäisen valokuovan. Kaiken kaikkiaan mielestäni LEDit ovat valonlähteenä parempi vaihtoehto, mikäli halutaan opastava, turvallinen, luotettava ja helposti asennettava järjestelmä.



## 8.6 Jatkuvasti toimiva vai automaattisesti aktivoituva järjestelmä?

Mikäli valonlähde eliniältään soveltuu jatkuvatoimiseksi (LED) valot on hyvä pitää aina päällä, jotta järjestelmä antaa informaatiota myös normaalitilanteissa. Näin matkustajat voivat rauhassa tutustua järjestelmään ja opetella oikeat kulkureitit etukäteen. Toisaalta valojen päällä oleminen kuluttaa sähköä ja kuluttaa valonlähteitä.

Mikäli järjestelmää ei pidetä aina päällä, voidaan se helpommin sulauttaa muuhun ympäristöönsä normaaliolosuhteissa. Käytännössä järjestelmä voi olla hyvinkin huomaamaton. Tämä voi olla mieluinen seikka arkkitehdin kannalta, mikäli järjestelmän valaistus muuten häiritsisi liikaa tilan yleisluonnetta. Tosiasiaan on, ettei savuhätävalaistusta vaadita muuhun, kuin savuiseen hätätilanteeseen, jolloin on sääntöjen kannalta yhdentekevää, miltä se näyttää normaaliolosuhteissa.

## 8.7 Lattia- vai seinäasennus?

Yhtenäisesti jatkuvat järjestelmät voidaan sääntöjen mukaan asentaa joko lattiaan tai seinään. Puolijatkuvat asennetaan käytännössä kaikki seinään tai kynnystasolle. Eri asennustavoilla on omat edut ja haittansa, mitkä kannattaa huomioida suunnittelussa.

Hyttikäytävien varrella olevat hyttiovet ovat ongelmakohta seinäasennusta käytettäessä. Tällöin nimittäin joudutaan järjestelmä katkaisemaan oven kohdalla, ja vetämään johdotus piilotettuna oven yli (tai ali). Tämä tietysti lisää asennuskustannuksia työtuntien ja johdotuksen määrän kasvaessa. Oven kiertäminen voidaan seinäasennustapaa käyttäessä välttää korottamalla oven kohdalla olevaa kynnystä. Profiili voidaan tällöin asentaa normaalin kynnyslistan tavoin siten, että se jatkuu yhtenäisenä oven ohi mentäessä. Näin tehtynä valokuovaa ei tarvitse katkaista jokaisen oven kohdalla, jolloin asennus tietysti nopeutuu. Profiiliin on kuitenkin oltava kapea. Asennuskustannukset ovat minimaaliset, jos valonauhan profiililista voi samalla korvata normaalin jalkalistan.

Lattia-asennuksessa järjestelmä voi jatkua yhtenäisenä koko käytävän osuudelta, myös risteävien käytävien kohdilla voidaan jatkuvuus säilyttää yhtenäisenä, mikä osaltaan parantaa järjestelmän opastavuutta. Lattia-asennuksessa valonauhan määrä on seinäasennusta suurempi, mutta asennus voidaan tehdä nopeammin. Lattia-asennusta käytettäessä voidaan välttää hyttikäytävillä olevia pieniä ulokkeita. Toisin kuin seinäasennuksessa jokaista seinäpinnan suunnanmuutosta ei tarvitse merkitä, edellyttäen tietysti, että muutos pysyy sallituissa rajoissa. Tämäkin osaltaan varmasti nopeuttaa asennusta huomattavasti.

Vartenotettava vaihtoehto on rakentaa osa järjestelmästä hyttimodulien valmistuksen yhteydessä, jolloin profiilit ja tarvittavat kaapeloinnit tehdään hytin ulkoseinään etukäteen, ennen kuin hyttimoduli on laivassa. Profiilin tai valaisimen asentaminen valmiiksi hyttitehtaalla ei kuitenkaan välttämättä aina onnistu, koska laivassa hyttikäytävän seinäpinta viimeistellään vielä seinälevyllä sen jälkeen, kun hytit ovat laivassa. On lisäksi huomattava, ettei menetelmää voida soveltaa esimerkiksi portaikoissa. Portaikoissa savuhätävalaistusohjeet vaativat, että järjestelmä on asennettava askelmien viereen korkeintaan 300 mm:ä askelman yläpuolelle. Lattia-asennuksesta ei kyseisessä kohdassa ole erillistä mainintaa. Todettakoon, että asennus saattaa muodostua hankalaksi, jos järjestelmä asennetaan portaisiin, siten että se jatkuu yhtenäisenä alhaalta ylös seuraten jokaisen askelman korkeutta ja pituutta. Portaiden osalta on myös huomioitava, että seinäasennusta on joka tapauksessa käytettävä, riippumatta siitä, miten itse portaat on merkitty.

Lattia-asennus on ideaalisin hyttikäytäväalueella. Varsinkin LEDien näkyvyys paranee huomattavasti, koska LEDien valokeila saadaan paremmin suunnattua kulkijaan kohden. Seinäasennus tulee kysymykseen enemmänkin poistumisovien luona sekä portaikoissa sekä silloin kun poistumistiellä on muita odottamattomia pystysuoria pintoja, jotka saattavat hidastaa liikkumista..



## 8.8 Yhteenvedo

Sähköisen järjestelmän etuna jälkivalaisevaan nauhaan verrattuna on sen valonlähteen parempi erottuvuus savuisissa olosuhteissa. Haittapuolena voidaan pitää ylimääräistä kaapelointia ja riippuvuutta sähkönjakelusta. Jälkivalaisevien nauhojen hyvät toimintaedellytykset riippuvat paljolti ympäröivän valaistuksen tasosta.

Hajautettu järjestelmä on luotettavampi kuin keskitetty. Toisaalta huoltokustannukset ovat suuremmat hajautetun elektroniikan vuoksi.

Yhtenäisesti jatkuvan järjestelmällä saavutetaan se etu, että valonlähteet ovat aina lähettyvillä, kun niitä tarvitaan. Tämä on erityisen tärkeää savuntiheyden ollessa suuri, jolloin valonlähteen suuri luminanssi ei takaa sen näkyvyyttä.

LEDeillä ja EL-nauhoilla toteutetut savuhätävalaistusjärjestelmät ovat asennuksen kannalta keskenään hyvin samankaltaisia. EL-nauhat eivät sovellu savuhätävalaistuksen valonlähteiksi silloin, kun järjestelmän halutaan olevan jatkuvatoiminen (aina päällä), koska näiden luminanssi laskee polttoain myötä. LEDien ominaisuudet ovat keskimäärin EL-nauhoja parempia. EL-nauhan valintaa voidaan perustella lähinnä ulkonäöllisillä seikoilla.

Savuhätävalaistus kannattaa pitää jatkuvasti päällä, mikäli halutaan, että matkustajat tutustuvat siihen normaaliolosuhteissa etukäteen. Näin ollen hätätilanteissa matkustajien on helpompi löytää tiensä ulos tutun järjestelmän opastuksella. Mikäli savuhätävalaistus kytketään vasta todellisessa hätätilanteessa, järjestelmän on oltava hyvin suunniteltu, jotta kaikki löytövöt tiensä sen avulla.

Savuhätävalaistus on helpompi ja nopeampi asentaa lattiaan seinään verrattuna. Tällöin käytettävät valonlähteet myös näkyvät paremmin. Seinäasennuksen ongelmana hyttikäytävillä ovat hyttiovet, joiden kohdalla valonauha on katkaistava.

Edellä vertailtiin savuhätävalaistusjärjestelmiä eri näkökohdilta. Koska savuhätävalaistus voidaan toteuttaa monella tavalla, ei ole olemassa yksiselitteistä tapaa toimia eri tilanteissa. Tämän diplomityön kannalta osoittautui kuitenkin, että savuhätävalaistusjärjestelmäksi parhaiten soveltuu yhtenäisesti jatkuva LED-järjestelmä lattiaan asennettuna. Jotta järjestelmä olisi mahdollisimman luotettava on hyvä, mikäli savuhätävalaistuksen paikallisissa virtalähteissä on akut. Näin valonlähteet pystyvät toimimaan paikallisesti ja itsenäisesti, vaikka laivan varavoimanlähde jostain syystä lakkaisi toimimasta. On kuitenkin muistettava, että luotettavuus ja turvallisuus maksaa, jolloin jossakin raja on vedettävä. Maksajat vetävät rajan yleensä mahdollisimman lähelle IMO:n vähimmäisvaatimuksia -eihän savuhätävalaistus tuota rahana mitään.



## 9 SAVUHÄTÄVALAISTUKSESTA TEHTYJÄ TUTKIMUKSIA

### 9.1 Yleistä

Savuhätävalaistusjärjestelmiä on jonkin verran tutkittu simuloimalla todellisiin tiloihin hätätilanteita vastaavat olosuhteet. Järjestelmiä on verrattu toisiinsa lähinnä siten, kuinka kykeneviä ne ovat opastamaan henkilöt eri tilaoista pois. Myös näkyvyyskokeita savussa on tehty. Näissä on pyritty määrittelemään, kuinka etäälle valonlähteet näkyvät ottaen huomioon savun vaikutukset. On tärkeää, että savuhätävalaistusjärjestelmien suunnittelu perustuu matkustajien käyttäytymisen arvioimiseen. Järjestelmienhän on nimenomaan palveltava matkustajia.

### 9.2 Building Research Establishment:in tutkimukset

#### 9.2.1 Yleistä

Englannissa on Building Research Establishment:in (BRE) toimesta vertailtu keskenään erityyppisiä savuhätävalaistusjärjestelmiä. Eräässä kokeessa vertailtiin neljää järjestelmää: pienoishehkulamppu-, EL- ja jälkivalaisevaa järjestelmää sekä tavanomaista hätävalaistusjärjestelmää. Normaali hätävalaistus otettiin mukaan vertailupohjaksi. Tarkoituksena oli tutkia, kuinka nopeasti henkilöt selviytyvät eri järjestelmien avulla ulos koetilasta, ja miten hyväksi he järjestelmän kokivat. Useat johtopäätökset ovatkin kokemuseräisiä. Kokeessa /1,51/ tutkittiin myös esteiden havaittavuutta poistumistiellä.

Tutkimuksissa pyrittiin normaalin hätävalaistuksen osalta noudattaman BS 5266 -standardin /3/ suosituksia, jolloin tavanomainen hätävalaistus toteutettiin siten, että valaistusvoimakkuus poistumistien keskellä (käytävillä) oli 0,7 lx ja portaikoissa 1,2 lx. Vastaavat arvot savuhätävalaistusjärjestelmien valonlähteillä hehkulampuilla olivat 0,6 ja 1,8 lx, sekä EL-nauhoilla 0,05 ja 0,11 lx. Jälkivalaisevien merkintöjen valaistusvoimakkuudet olivat mitättömät lattian tasolla. /1,51/

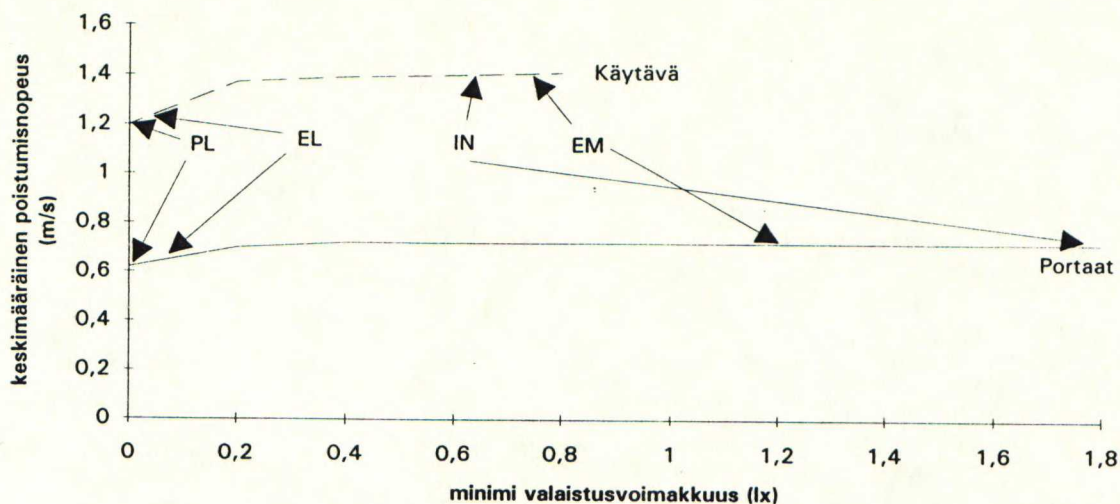
#### 9.2.2 Poistumisnopeudet eri järjestelmillä

Kuvassa 39 on havainnollistettu tutkittujen henkilöiden keskimääräiset poistumisnopeudet savuttomissa olosuhteissa eri poistumistiejärjestelmillä. Kuvaaja osoittaa, että EL-nauhoilla ja jälkivalaisevilla merkinnöillä toteutettavilla järjestelmillä poistumisnopeudet ovat hieman alhaisemmat kuin pienoishehkulamppuja ja normaalia hätävalaistusta käytettäessä. Lisäksi henkilöille tehdyn kyselyn perusteella jälkivalaisevat merkinnät koettiin vaikeammiksi kuin muiden järjestelmien merkinnät. Jotkut kokivat EL-nauhajärjestelmän hankalana portaikoissa. Esteet olivat havaittavissa suurinpiirtein yhtä hyvin kaikilla muilla paitsi jälkivalaisevilla järjestelmillä, joiden valaistustaso oli huomattavasti alhaisempi kuin muilla järjestelmillä.

EL ja PL -järjestelmillä (fotoluminesenssi) koehenkilöiden poistumisnopeudet olivat samaa luokkaa sekä portaikoissa, että käytävillä. Ero normaalilla hätävalaistuksella ja pienoishehkulampuilla saavutettuihin poistumisnopeuksiin oli kuitenkin pieni. /51/

Kokeita on tehty myös savuisissa olosuhteissa (myrkytön teatterisavu). Näissä on tutkittu savuhätävalaistusjärjestelmien näkyvyyttä, sekä eri tyyppisten merkkivalaisimien luettavuutta eri savuntiheyksillä. /1,51/





**Kuva 39.** Keskimääräinen poistumisnopeus minimivalaistusvoimakkuuden funktiona käytävillä ja portaikoissa BRE:n tutkimusten mukaan. EL = elektroluminesenssi, PL = fotoluminesenssi, IN = pienoisherkkulamppu, EM = normaali turva-/merkkivalaisin. /51/

### 9.2.3 Merkit ja merkinnät

Kun tilassa on savua ja kaikki muut valonlähteet on sammutettuna EL- ja LED-tyyppiset merkkivalaisimet erottuivat paremmin kuin normaalit merkkivalaisimet. Kun esimerkiksi LED-merkintä oli näkyvä 11,5 m:n etäisyydeltä, oli EL-merkintä näkyvä 8 m:stä (tavanomainen merkkivalaisin erottui 6 m:stä). Pienoisherkkulamppumerkintä näkyi 10 m:n etäisyydelle. Jälkivalaiseva merkintä puolestaan oli erotettavissa ainoastaan 3 m:n matkalta. Tiheämmässä savussa, kun jälkivalaiseva merkintä erottui n. 1 m:n etäisyydeltä, LED-merkintä oli erotettavissa 2 m:stä. Edellisestä voidaan todeta, että pistemäiset valonlähteet näkyivät pidemmälle kuin tasomaiset valonlähteet.

Merkkien ja merkintöjen tunnistamisetäisyys riippuu BRE:n mukaan /1/:

- merkkien yksityiskohtien koosta
- käytetäänkö merkinnöissä kirjaimia tai kuvia (tai molempia)
- merkin luminanssista
- kontrasteista
- väreistä
- ympäröivän valaistuksen tasosta
- silmän adaptoitumisesta
- havaitsijan näkökyvystä

Merkin kohtisuorainen tunnistamisetäisyys voidaan määrittellä kertomalla merkin symbolin korkeus tekijällä  $z_r$ . DIN 67510 -standardin /14/ vaatimukset täyttävän merkin  $z_r$  on 10:n minuutin jälkeen 60 ja 60:n minuutin jälkeen 20. BRE:n mittauksen mukaan EL- ja loistelamppumerkkien  $z_r$  on suuruudeltaan noin 250, kun merkin luminanssi on noin 10 cd/m<sup>2</sup>. Merkille, joissa käytetään pistemäisiä valonlähteitä (LED) ja joiden valovoima on luokkaa 30 mcd,  $z_r$  voi olla jopa 400. Jälkivalaisevien merkkien  $z_r$  laskee ajan funktiona. /1,51/

BRE:n mukaan poistumisovien luona tulisi olla merkkivalaisin sekä silmien korkeudella, että lattianrajassa, jotta järjestelmä olisi mahdollisimman toimiva myös savuttomissa olosuhteissa. Savussa saavutettua lattiataason valaistusvoimakkuutta tärkeämpää on, että poistumistien merkinnät



ovat selviä ja opastavia. Lisäksi liian suuria aukkoja järjestelmän jatkuvuudessa tulee välttää käytettäessä pistemäisiä valonlähteitä. /1,51/

BRE:n mukaan LED-järjestelmässä sopiva etäisyys LEDien välillä on noin 100 mm. Savuhätävalaistusjärjestelmässä käytettyjen merkkien ja merkintöjen välisen etäisyyden määrittämisessä tulee tutkimuksen mukaan ottaa huomioon muuttuvat savuntiheydet. Etäisyyden tulee olla tarpeeksi pieni, jotta järjestelmät toimisivat hyvin myös suuremmilla savuntiheyksillä. Savussa ympäröivä valaistus, olipa se normaalia- tai hätävalaistusta heikentää savuhätävalaistuksen merkintöjen näkyvyyttä. /1,51/

Sellaiset sähköiset savuhätävalaistusjärjestelmät, jotka aikaansaavat vähintään 0,1 lx:n valaistusvoimakkuuden poistumistielle, voivat toimia vähintään yhtä hyvin tai jopa paremmin kuin 0,2 lx tuottavat tavanomaiset hätävalaistusjärjestelmät. Kyseiset järjestelmät toimivat hyvin yksinään ilman normaalia hätävalaistusta. Jälkivalaisevien järjestelmien avulla pakenevat henkilöt saavat välittömästi opastavaa informaatiota ja pystyvät etenemään vastaavilla nopeuksilla kuin käytettäessä sähköisiä järjestelmiä. Esteet ovat kuitenkin heikommin havaittavissa kyseisiä merkintöjä käytettäessä. Jälkivalaisevat merkinnät toimivat, kun kaikki tehonsyöttöjärjestelmät ovat epäkunnossa, mikä on hyvä asia järjestelmän luotettavuuden kannalta. /1,51/

### 9.3 IGP:n tutkimukset

#### 9.3.1 Yleistä

Norjassa on konsultointiyrityksen IGP A/S:n toimesta tutkittu seitsemän eri poistumistiejärjestelmän toimivuutta savuisissa olosuhteissa. Paineet tällaiselle tutkimukselle olivat kovat, sillä laajempia vertailevia tutkimuksia savuhätävalaistukselle nimenomaan savuisissa olosuhteissa ei oltu aiemmin juurikaan tehty. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten eri järjestelmät toimivat savussa ja kirjata tulokset. Seuraavanlaisia järjestelmiä tutkittiin /23/:

- a) normaalia turvavalaitusta (ylhäärille asennetut valaisimet)
- b) lattian läheisyyteen asennettua jälkivalaisevaa järjestelmää
- c) keskelle lattiaa asennettua jälkivalaisevaa järjestelmää
- d) lattianrajaan asennettua puolijatkuvaa järjestelmää
- e) opastavia kaiteita, joissa jälkivalaisevat nauhat
- f) opastavia kaiteita yhdessä d)-mukaisen järjestelmän kanssa
- g) opastavia kaiteita yhdessä b)-mukaisen järjestelmän kanssa

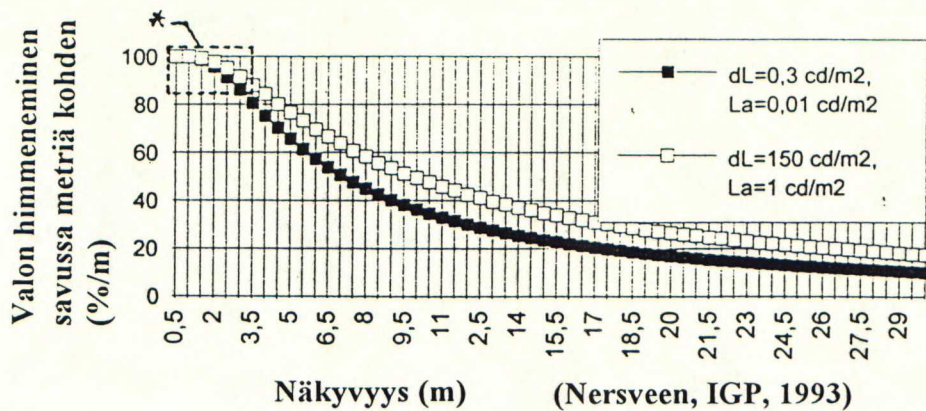
Huomaa, että lattianrajaisia LED- ja EL-järjestelmiä ei testattu.

Kokeeseen osallistui yhteensä 84 henkilöä, joista kuusi oli sokeaa. Koetila oli todellisessa rakennuksessa. Periaatteessa tilat vastasivat laivan keskiosan tiloja, joten kokeessa saadut tulokset pätevät hyvin myös kyseisille alueille. Koehenkilöiden tarkoituksena oli löytää tiensä tilasta ulos mahdollisimman nopeasti käyttäen hyväksi eri poistumistiejärjestelmiä. Tämän jälkeen he saivat vastata kyselylomakkeeseen.

#### 9.3.2 Valonlähteiden näkyvyys savussa

Kokeiden tuloksena määriteltiin kuvan 40 /23/ mukaiset käyrät (Nersveen) ottaen huomioon valon läpäisykerroin savussa, katsomisetäisyys, luminanssiero 100 %:n havaitsemistodennäköisyydellä sekä silmän sopeutumisluminanssi.





**Kuva 40.** Kuva esittää valonlähteen näkyvyyttä ( $d$ ) savutiheyden ( $\tau$ ) funktiona. Hehkulamppu = valkoinen neliö ja jälkivalaiseva materiaali = musta neliö. Huom.  $dL$  = luminanssiero ja  $L_a$  = silmän sopeutumisluminanssi. Rajattu alue koskee poistumistiejärjestelmiä, jotka on suunniteltu savuisiin olosuhteisiin. /31/

Huomaa, että kuvan 40 molempien käyrien (hehkulamppu - jälkivalaiseva) arvot ovat lähestulkoon samat, eli näkyvyys on olematon, kun savu 100 %:sti estää valon läpikäymisen ( $\tau=0$  /m). Käyrät yhtenevät nollassa lähestyttäessä, eli käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että näkemisen kannalta tärkeämpää suurilla savutiheyksillä on, kuinka läheltä kohdetta (valonlähdettä) katsotaan, ei sillä kuinka suuren luminanssin kyseinen valonlähde omaa.

IGP:n mittaukset tehtiin sellaisessa savussa, joka ei ärsyttänyt silmää. Silmää ärsyttävä savu heikentää näkyvyyttä noin 15 %:lla. Kun  $m > 1,5$  silmää on vaikea pitää auki, jolloin näkyvyys tämän vuoksi voi kadota kokonaan. /23/

### 9.3.3 Poistumistiejärjestelmien asennuskorkeus

Poistumistiejärjestelmät on asennettava tavanomaista hätävalaistusta alemmas, lattianrajaan, jotta ne olisivat havainnollisia kuumien savun peittäessä tilan yläosat. Lattianrajainen asennuskorkeus ei välttämättä ole optimaalinen, jos ajatellaan, että poistuminen on oltava nopeaa ja että poistuminen tapahtuu palon varhaisessa vaiheessa. Todellisessa tilanteessa nopea poistuminen edellyttää jalkojen käyttämistä, joten ryömimistä tulisi välttää. Jos tilassa on vähän savua henkilö kykenee selkään taivutettuna etenemään pitkin käytäviä, jolloin lantion tasolle asennetut järjestelmät ovat näkyvimpiä. Suuret savutiheydet on kuitenkin huomioitava: mitä tiheämpi ja kuumempi savu on, sitä alemmas poistumistiejärjestelmä on asennettava. Ryömittäessä merkintöjen tulee olla sopivasti silmien tasolla. /23/

Tutkimuksesta oli pääteltävissä, että optimaalinen asennustapa sisältää pistemäisiä valaisimia poistumisovien yläpuolella sekä jatkuvan merkinnän lantion korkeudella.

### 9.3.4 Poistumistiejärjestelmien luokitus IGP:n mukaan

Savuhätävalaistusjärjestelmät voidaan jakaa kahteen luokkaan sen mukaan, missä savutiheydessä ne on suunniteltu toimimaan /23/:

**Luokka 1:** Järjestelmän toimivuus riittävä optisen savutiheyden ollessa:  $m \geq 1,5 / m$  ( $\tau \leq 0,03$  /m).

**Luokka 2:** Järjestelmän toimivuus riittävä optisen savutiheyden ollessa:  $m \leq 1,5 / m$  ( $\tau \geq 0,03$  /m).



Optisen savuntiheyden arvo 1,5 /m vastaa noin 0,6 m:n näkyvyyttä kohteille (pinnoille), jotka ovat edestä päin valaistuja, ja noin 1,5 m:n näkyvyyttä kaikkein etäimmille (taustastaan valaistuille) kohteille. Optisen savuntiheyden arvoa 1,5/m kutsutaan eloonjäämiskynnykseksi, koska suuremmilla savuntiheyksillä todennäköisyys selviytyä pienenee oleellisesti. /23/

Luokan 1 järjestelmien on toimittava eloonjäämiskynnyksen,  $m=1,5-1,0/m$  (näkyvyys 60-10 cm.) yläpuolella ( $\tau < 0,03 /m$ ). Kyseiset olosuhteet saattavat vallita, kun suoritetaan pelastustoimintoja. Jotta järjestelmä täyttäisi tämän luokan vaatimukset, niiden yhteydessä täytyy käyttää muita kuin pelkästään visuaalisia opasteita (esin muotoillut kaiteet). Tällä hetkellä markkinoilla olevista savuhätävalaistusjärjestelmistä juuri mikään ei sellaisenaan täytä luokan 1 vaatimuksia. /23/

Luokan 2 vaatimukset ovat hieman lievemmat kuin luokan 1. Tämän luokan järjestelmien on toimittava aina eloonjäämiskynnykseen (1,5 /m) alapuolella. Useimmat savuhätävalaistusjärjestelmät täyttävät luokan 2 vaatimukset, ja ovat tässä mielessä keskenään tasavertaisia. Tavanomainen hätävalaistus ei kuitenkaan täytä kummallekaan luokalle asetettuja vaatimuksia. /23/

### 9.3.5 Yksi henkilö/ryhmä poistujana

IGP:n tutkimuksissa tehtiin kokeita ainoastaan siten, että kussakin kokeessa tilasta poistui yksi henkilö. Todellisissa onnettomuuksissa poistujina on kuitenkin suuri määrä ihmisiä, ja käyttäytyminen on toisenlaista. Nopeutta tärkeämpää ryhmän poistuessa on poistumistiejärjestelmän tarkkuudella. Järjestelmän on toisin sanoen oltava tarpeeksi opastava, jotta vääriä suunnanvalintoja ei ilmaantuisi. Yksikin virhearviointi saattaisi johtaa suuriin poistumisaikoihin koko ryhmän eksiessä reitiltään. /23/

Opastavat kaiteet luovat poistujalle varmuutta oikeasta suunnasta, myös sokeille. Järjestelmän tarkkuus voi parantua oleellisesti, kun se antaa muuta kuin visuaalista informaatiota. /23/

### 9.3.6 Järjestelmien parantamismahdollisuuksia

Vaikka kaikki tutkimuksissa olevat järjestelmät eivät täytä SOLAS-kriteereitä niiden ominaisuuksia kannattaa tarkastella sekä todeta niistä hyvät ja huonot puolet. Tavanomainen turvavalistus oli testeissä mukana ainoastaan vertailupohjana. Voidaan kuitenkin todeta, että alle 0,1 /m optisilla savuntiheyksillä ( $\tau > 0,8 /m$ ) valaisimet ovat näkyviä korkeintaan 30 m:n etäisyydelle. Tiheämpi asennusväli kyseisille valaisimille ei ole käytännöllistä, koska jatkuvat järjestelmät (=muut) soveltuvat tähän tarkoitukseen jo paremmin. Laskettiin, että valaisimien välisen etäisyyden ollessa noin seitsemän metriä, ne toimivat aina 0,8-1/m asti. Normaali hätävalaistus ei täytä luokkien 1 ja 2 vaatimuksia. /23/

Lattian läheisyyteen (seinään) asennettua jälkivalaisevaa nauhajärjestelmää kannattaisi parantaa siten, että jälkivalaiseva materiaali suunnataan pystyssä kulkevaa henkilöä kohden. Myös hieman korkeampi asennus parantaisi näkyvyyttä. Sen sijaan järjestelmien näkyvyyttä ei kannata tässä tapauksessa parantaa varaamalla niitä tehokkaammin tai levantämällä nauhoja. Mustat kirjaimet ja kuviot vihreällä taustalla antavat kyseisillä järjestelmillä parhaan kontrastin. /23/

Lattiaan asennetulla järjestelmällä saavutetaan edellä mainitun mukainen kohtisuoruus helpommin, mutta haittana on pidempi katsomisetaisyys seinään asennettavien järjestelmiin verrattuna. Koska katsomisetaisyyttä ei voida juurikaan pienentää, voidaan näkyvyyttä parantaa suurentamalla kirjainten ja kuvioden kokoa. Järjestelmää voidaan täydentää korkeammalle asennetuilla merkinnöillä esimerkiksi kahvojen ja kaiteiden kohdilla. Jos arkkitehtoonisilla seikoilla ei olisi niin suurta merkitystä, tällä järjestelmätyypillä voitaisiin erittäin selkeästi merkitä poistumistie. /23/



Katsomisetaisyys asettaa rajat lattianrajaan asennetuille puolijatkuville järjestelmille. Asennettaessa valaisimet jalkalistan tasolle ja korkeintaan neljän metrin etäisyydelle voidaan juuri ja juuri täyttää luokan 2 vaatimukset. Järjestelmää voitaisiin parantaa oleellisesti, mikäli se olisi yhtenäisesti jatkuva, mutta se on käytännössä epätaloudellista. Valaisimien nostaminen lantion tasolle parantaisi näkyvyyttä katsomisetaisyyden pienentyessä. /23/

Kaikki kokeissa testatut versiot, joissa käytettiin muotoiltuja kaiteita yhtenäisesti jatkuvien järjestelmien kanssa, täyttävät luokan 2 vaatimukset ilman, että niitä jouduttaisiin millään tavalla modifioimaan. Kaiteilla varustetut järjestelmät vaativat tarkemman suunnittelutyön kuin muut järjestelmätyypit. Esimerkiksi auloissa, käytävien risteämissä ja poistumisovien luona järjestelmän oikea asennustapa muodostuu ratkaisevaksi, koska järjestelmän muu kuin visuaalinen jatkuvuus on jollain tavalla pyrittävä säilyttämään. /23/

Suurentamalla kaiteiden kanssa käytettyjen valonauhojen luminanssia ja nauhojen leveyttä voidaan niiden näkyvyyttä parantaa. Myös nauhojen kallistaminen enemmän kohtisuoraan katsomissuuntaan nähdessä helpottaa niiden havaittavuutta. /23/

Muotoillut kaiteet eivät yksinään pysty muodostamaan hyvää poistumistiejärjestelmää, vaan niiden kanssa olisi aina käytettävä visuaalisia järjestelmiä. Kaiteet ovat yksinään parhaimmillaan ainoastaan erittäin tiheässä savussa tai pimeässä. Mutta muissa olosuhteissa ne saattavat jopa turhaan hidastaa poistumista, kun niistä joudutaan pitämään jatkuvasti kiinni. Optimaalisessa järjestelmässä on esimerkiksi käytävien risteämissä sekä visuaalinen, että kosketeltavissa oleva opaste. Poistumisovet tulisi merkitä vihreillä valoilla, jotka valaisevat kahvaa. /23/

Vaikka lattianrajaan asennettuja LED- ja EL-järjestelmiä ei testattu, niiden osalta todettiin, että ne ovat vähintäänkin yhtä hyviä kuin kokeissa testatut jälkivalaisevat- ja puolijatkuvat järjestelmät. /23/

### 9.3.7 Poistumistiejärjestelmissä käytettävät äänisignaalit

Vaikka informatiivisia äänisignaaleita ei tutkimuksissa varsinaisesti tutkittukaan, yleisesti ollaan sitä mieltä, että ne vaikuttavat positiivisella tavalla poistumisen onnistumiseen. Niiden vaikutus ilmenee lähinnä kahdella tavalla /23/:

- ne varmistavat, että yleisö tekee poistumiseen liittyvät päätökset nopeasti ja oikein ilman epärointiä.
- niillä voidaan kertoa, miten varsinaista poistumistiejärjestelmää käytetään.

### 9.3.8 Johtopäätöksiä IGP:n tutkimuksista

IGP:n tutkimukset eivät ole täysin puolueettomia, joten tuloksiin on suhtauduttava varauksella. Tähän kohtaan on kuitenkin koottu yhteen tutkimuksissa tehtyjä johtopäätöksiä /23/:

- Jälkivalaisevat järjestelmät ovat hyvin vartenotettavia vaihtoehtoja poistumistiejärjestelmiksi.
- Luminanssin merkitys pienenee suhteessa katsomisetaisyyteen suurilla savuntiheyksillä. Toisaalta pienemmillä savuntiheyksillä ja savuttomissa olosuhteissa luminanssin merkitys on oleellinen järjestelmän näkyvyyden kannalta.
- Järjestelmä, joka on toteutettu sekä visuaalisena (sähköinen tai jälkivalaiseva), että opastavilla kaiteilla, voi toimia vähintäänkin yhtä hyvin ja jopa paremmin kuin monet pelkästään visuaaliset järjestelmät. Tällaiset järjestelmät menestyivät parhaiten tutkimuksissa.
- Parhaana pelkästään visuaalisena järjestelmänä pidettiin vihreää puolijatkuvaa järjestelmää. Järjestelmä toimii kuitenkin äärirajoillaan. Sitä voidaan parantaa käyttämällä muita yhtenäisesti jatkuvia järjestelmiä sen yhteydessä (esimerkiksi jälkivalaisevia merkintöjä).



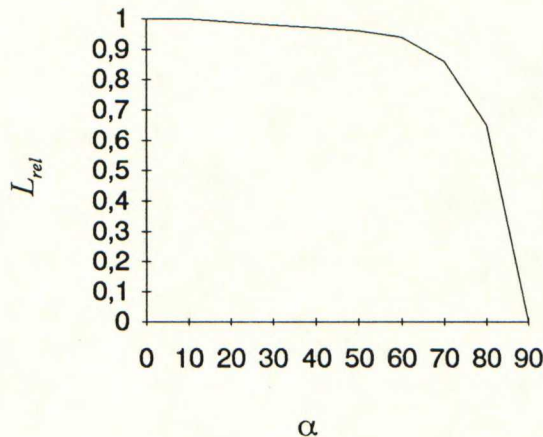
#### 9.4 VTT:n mittaukset

Savuhätävalaistusohjeiden kohdassa 4.2 /18/ vaaditaan, että mikäli savuhätävalaistusjärjestelmä toteutetaan puolijatkuvana, on niissä käytettävät valonlähteet testattava jollakin standardinmukaisella menetelmällä. Suomessa on VTT:llä tutkittu erään valmistajan merkkivalaisimia ja mitattu näiden luminansseja eri katsomiskulmista savuisissa olosuhteissa /47/. Tämän tutkimuksen perusteella pystyttiin valaisimille määrittämään maksimi etäisyys, jolloin edellisestä vielä seuraava pystyttiin havaitsemaan. Seuraavassa on käyty läpi niitä asioita, jotka tulee huomioida tämänkaltaista tutkimusta tehtäessä. On muistettava, että mittaukset ovat laadultaan ensimmäisiä tehtyjä, ja että kyseessä on nimenomaan suomalaisten tulkinta mittausmenettelyistä.

Jos valaisimessa on itsenäiset akut, kuten valaisinkohtaisella virtalähteellä varustetuissa turvavalaisimissa, ne varataan ennen varsinaisia mittauksia, jotta mittauksissa pystyttäisiin huomioimaan akun purkautumisesta aiheutuva luminanssin alenema ja sen vaikutus valaisimien havaittavuuteen. /47/

Aluksi valaisim(i)en luminanssit mitataan kohtisuoraan valaisimen pinnalta (nollakulma) savuttomissa olosuhteissa kuitenkin eri etäisyyksiltä. Valaisimen pinnalta valitaan tietty määrä mittauspisteitä. Tuloksista lasketaan keskimääräiset luminanssit ( $L_0$ ), myös maksimi- ja minimiarvot kirjataan muistiin. /47/

Seuraavaksi samoissa olosuhteissa valaisimien luminanssit mitataan eri katsomiskulmilta ( $0^\circ$ - $90^\circ$ ). Tulokset esitetään käyrämuodossa (kuva 41), jossa kuvataan valonlähteen savuttoman tilan suhteellisen luminanssin  $L_{rel}$  riippuvuutta katsomiskulmasta  $\alpha$ . Suhteellisella luminanssilla  $L_{rel}$  tarkoitetaan valonlähteen katsomiskulmasta  $\alpha$  mitatun luminanssin  $L_\alpha$  ja kohtisuoraan valonlähteen pinnalta mitatun keskimääräisen luminanssin  $L_0$  välistä suhdetta.  $L_{rel}$  saadaan yhtälöstä (3).



**Kuva 41.** Periaatekuva suhteellisesta luminanssista savuttomassa tilassa  $L_{rel}$  katsomiskulman  $\alpha$  funktiona. /47/

$$L_{rel} = \frac{L_\alpha}{L_0} \quad (3)$$

jossa  
 $L_{rel}$  = valonlähteen suhteellinen luminanssi savuttomassa tilassa  
 $L_\alpha$  = katsomiskulmasta  $\alpha$  mitattu valonlähteen luminanssi  
 $L_0$  = kohtisuoraan valonlähteen pinnalta, katsomiskulmalla  $0^\circ$ , mitattu keskimääräinen luminanssi.



Valonlähteiden suhteellinen luminanssi savussa  $L_s$  voidaan laskea yhtälöstä 4 kuvaa 41 /47/ apuna käyttäen (valonlähteen silmien tasolla). Yhtälö 3 on johdettu yhtälöstä 5 /38/, jota käytetään arvioitaessa merellä olevien merkkivalojen näkyvyyttä sumussa.

$$L_s = L_{rel} * \tau^d \quad (4)$$

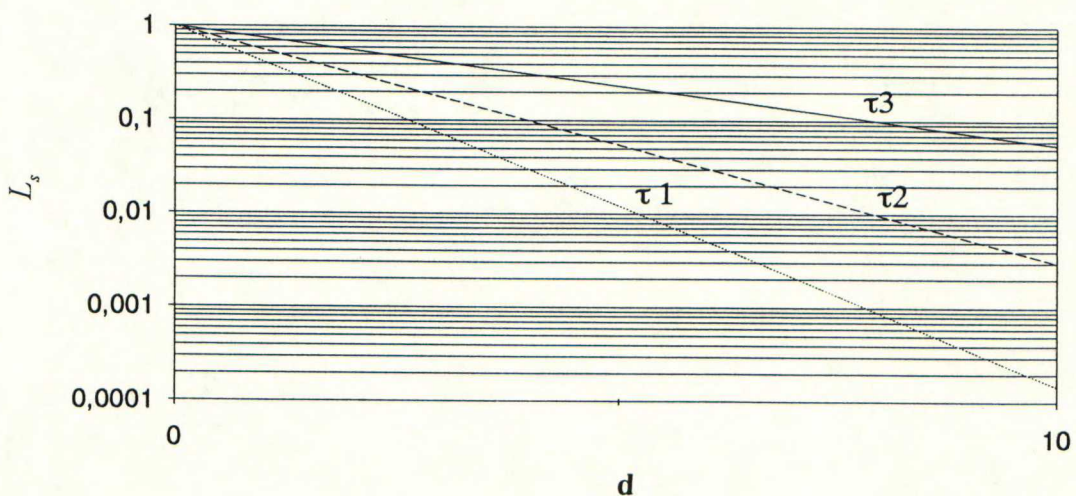
jossa  $L_s$  = valonlähteen suhteellinen luminanssi savussa.  
 $L_{rel}$  = valonlähteen suhteellinen luminanssi katsomiskulmalla  $\alpha$  savuttomissa olosuhteissa (kuvasta 42).  
 $\tau$  = valon läpäisykerroin savussa metriä kohden [1/m]  
 $d$  = katsomisetäisyys [m]

$$E = \frac{I * \tau^d}{d^2} \quad (5)$$

jossa  $E$  = valaistusvoimakkuus [lx]  
 $I$  = valovoima [cd]  
 $\tau$  = valon läpäisykerroin väliaineessa metriä kohden [1/m] (sumu, savu)  
 $d$  = katsomisetäisyys [m]

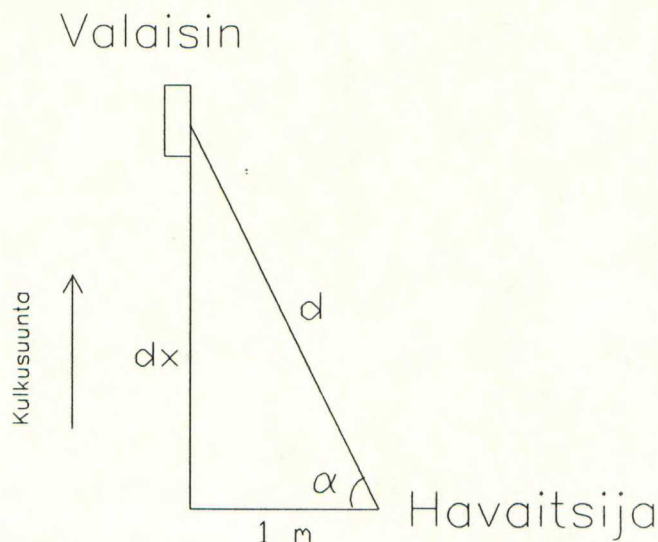
Jos mitataan optista savuntiheyttä  $m$ , voidaan  $\tau$  laskea yhtälön 2 (s. 26) /34/ avulla.

$L_s$  voidaan nyt esittää eri savuntiheyksillä ( $\tau$ :n arvoilla) katsomisetäisyydestä  $d$  riippuvana kuvan 42 /40/ mukaisesti. Kuvaan 42 on laskettu  $L_s$ :n arvoja eri savuntiheyksillä ja etäisyyksillä. Laskennan yhteydessä tulee ottaa huomioon valaisimen sijainnista aiheutuva katsomiskulman muuttuminen ja sen vaikutus suhteelliseen luminanssiin  $L_{rel}$  sekä katsomisetäisyyteen  $d$ . VTT:llä laskenta tehtiin siten, että oletettiin valaisimen sijaitsevan seinässä ja havaitsijan kulkevan metrin etäisyydellä samaisesta seinäpinnasta kohti valaisinta kuvan 43 mukaisesti. Kuvassa 43  $d_x$  = metrin välein otetut arvot ja  $d$  = todellinen katsomisetäisyys. /40/



**Kuva 42.** Periaatekuva lasketusta suhteellisesta luminanssista savussa ( $L_s$ ) eri katsomisetäisyyksillä  $d$  ja savuntiheyksillä  $\tau$ . /47/





**Kuva 43.** VTT:n käyttämä tarkastelutilanne. Havaitsija kulkee valaisinta kohden metrin etäisyydellä seinästä. Arvoja otetaan esimerkiksi metrin välein ( $d_x$ ).  $d$  on todellinen katsomisetaisyys. /47/

Valonlähteen absoluuttinen luminanssi ( $L$ ) saadaan yhtälöstä 6 /47/:

$$L = L_0 * L_s \quad (6)$$

jossa

$L$  = Valonlähteen absoluuttinen luminanssi [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ]

$L_0$  = kohtisuoraan valaisim(i)en pinnalta mitattu luminanssi [ $\text{cd}/\text{m}^2$ ].

$L_s$  = kuvasta 42 saatu tai yhtälöstä (4) laskettu suhteellinen luminanssi savussa.

Savuntiheys voidaan mitata ajan funktiona laboratoriossa olevalla laitteistolla. Luminanssin mittausta tehdään tavallisella luminanssimittarilla, jonka yhteydessä voi käyttää piirturia. Varsinaisissa mittauksissa huomioidaan mittauskulmat ja katsomisetaisyydet. VTT:llä valaisimien luminansseja mitattiin katsomiskulmilla  $0^\circ$  ja  $45^\circ$ . /47/

VTT:llä todettiin, että mittauksista saatavat tulokset ovat riittävän yhtäpitäviä yllä esitettyjen yhtälöiden kanssa, joten niitä voidaan käyttää luminanssin määrittämiseksi. Erot mittausten ja teoreettisten laskelmien välillä johtuvat lähinnä siitä, ettei savuntiheys jakaannu tasaisesti luminanssimittarin ja valaisimen välille. Myös savuntiheyden mittalaitteen sijoitus vaikuttaa tuloksiin oleellisesti. Savuntiheyden mittauksen tarkkuudella on suuri vaikutus luminanssiarvoon. Esimerkiksi 10 %:n epätarkkuus savuntiheyden mittauksessa aiheuttaa luminanssiarvon puoliintumisen tai kaksinkertaistumisen riipuen etumerkkien määrittelyistä. /47/

Jotta valaisimille voitaisiin määritellä se maksimietäisyys, jolla ne ovat vielä juuri ja juuri näkyviä, olisi standardien asetettava niiden luminanssille minimiraja savuisia olosuhteita varten. Jos kyseisiä arvoja ei ole ennalta määriteltä, on mittauksissa määriteltävä sen hetken absoluuttinen luminanssiarvo ( $L$ ), jolloin valaisin muuttuu savun takia näkymättömäksi ottaen huomioon katsomiskulman ( $\alpha$ ) vaikutus. Rajaluminanssiksi otetaan mittauksista saatu pienin arvo. VTT:n tutkijoiden mukaan ihminen voi selviytyä tilassa enintään tunnin, jos savua on niin paljon, että 60 % valosta pääsee savun läpi, eli  $\tau=0,6$  /m (UL 1994 -standardin mukaan valaisimen on oltava näkyvä vielä kun puolet valosta pääsee savun läpi, jolloin  $\tau= 0,5$  /m). Jos nyt pidetään yllä esiteltyjä



absoluuttista luminanssia ja valon läpäisevyyttä ( $\tau=0,6$  /m) kriteerinä, voidaan valaisimien välinen maksimietäisyys (=näkyvyys) tietyllä savuntiheydellä määritellä kuvan 42 avulla. /47/

Esimerkiksi valaisimelle, jonka keskimääräinen luminanssi oli  $87 \text{ cd/m}^2$ , saatiin maksimi asennusväliksi  $10,5 \text{ m}$  ( $\tau=0,6$  /m). Valaisimelle, jonka luminanssi oli  $409 \text{ cd/m}^2$ , vastaava arvo oli  $13,3 \text{ m}$ . /47/

Edellä esitetyllä menetelmällä voidaan vertailla puolijatkuvien järjestelmien valaisimia (merkki ja turvavalaisimia) keskenään: mitä suurempi asennusetäisyys laskelmien mukaan sallitaan, sitä paremmin valonlähde periaatteessa näkyy. Suurempi luminanssi takaa myös paremman näkyvyyden. Menetelmä soveltuu periaatteessa myös muidenkin savuhätävalaistusjärjestelmien valonlähteiden analysoimiseksi. Samaa tapaa onkin tässä työssä käytetty LEDien ja EL-nauhojen vertailemiseksi.

Norjalaiset viittaavat valaisimien maksimietäisyyksien määrittämisessä maassa tehtyyn tutkimukseen (IGP AS) /23/. Vertailuissa käytetään hyväksi kuvaa 40, jonka arvot periaatteessa vastaavat yllä esitetyllä menetelmällä saatuja. Vertailuksi voidaan esimerkiksi ottaa yllä esitetyn valaisimien arvoilla  $L=87 \text{ cd/m}^2$  ja  $\tau=0,6$  /m saatu etäisyys  $10,5 \text{ m}$ . Kuvaa 40 luettaessa tulee huomioida, että y-akselin arvot kuvaavat sitä osuutta valosta, joka ei pääse savun läpi ( $=1-\tau$ ). Huomataan arvot ovat lähestulkoon samat. Erot johtuvat valaisimien luminansseista sekä silmän sopeutumluminanssista.

## 9.5 Yhteenveto

Tällä hetkellä maailmalla savuhätävalaistusjärjestelmiä tutkitaan paljon. Kokeissa simuloidaan todellisia hätätilanteita ja tutkitaan ihmisten käyttäytymistä näissä. Tutkimukset tulevat olemaan pohjana myös yhtenäisen kansainvälisen standardin syntymisessä, joka on välttämätön järjestelmien yhteensopivuuden kannalta.

BRE:n /51/ tutkimusten mukaan normaali hätävalaistus voi savussa huonontaa lattianrajaan asennettujen valonlähteiden havaittavuutta. Lattianrajaan asennetut poistumistiejärjestelmät, jotka aikaansaavat poistumistielle vähintään  $0,1 \text{ lx}$ :n valaistusvoimakkuuden voivat korvata kokonaan ylhäällä olevan hätävalaistuksen. Jälkivalaisevat nauhat ovat varteenotettavia vaihtoehtoja savuhätävalaistusjärjestelmiksi. Poistumistien varrella mahdollisesti olevat esteet eivät kuitenkaan kyseisillä järjestelmillä erotu.

IGP:n /23/ mukaan luminanssin merkitys pienenee suhteessa katsomisetäisyyteen savuntiheyden kasvaessa. Tämän vuoksi on tärkeää, että poistumistiejärjestelmä suunnitellaan mahdollisimman opastavaksi.

VTT /47/ on tutkinut tavanomaisten merkkivalaisimien näkyvyyttä savuisissa olosuhteissa. VTT:n menetelmällä voidaan teoreettisesti määrittää valonlähteen näkyvyys savussa mittaamalla valonlähteen luminanssit eri kulmista katsottuna tehtäessä kokeet savuttomassa tilassa. Valaisin, jonka keskimääräinen luminanssi oli  $87 \text{ cd/m}^2$  voidaan mittausten mukaan asentaa noin  $10,5 \text{ m}$ :n välein.

TKK SAHKOTEKNIIKAN  
OSASTON KIRJASTO  
OTAKAARI 5 A  
02150 ESPOO



## 10 DIPLOMITYÖSSÄ TEHDYT MITTAUKSET

### 10.1 Yleistä

Savuhätävalaistusjärjestelmien valonlähteitä ja niiden tuottamia valaistusteknisiä arvoja voidaan mitata monella tavalla. Tässä työssä mitattiin yhtenäisesti jatkuvista järjestelmistä LEDejä ja EL-nauhoja. Koska molempia järjestelmiä tarjotaan tällä hetkellä suurin piirtein samanhintaisina, on hyvä tietää kyseisten järjestelmien mahdolliset valaistustekniset eroavaisuudet.

Mittausten pohjana käytettiin VTT:llä aiemmin tehtyjä merkki- ja turvalaisinmittauksia. Diplomityön mittauksen dokumentoinnissa käytetyt laskentaperusteet on esitelty tämän työn kohdassa 9.4. VTT:n mukaan merkki- ja turvalaisimille kehitetty tarkastelutapa soveltuu myös savuhätävalaistusjärjestelmien valonlähteiden mittaamiselle. Suomessa ei vielä tällä hetkellä ole standardinmukaista menetelmää savuhätävalaistuksen valonlähteiden mittaamiselle, joten tämän työn mittaukset voivat olla osana niiden kehittymistä.

### 10.2 Savuttoman tilan mittaukset LEDeille ja EL-nauhoille

#### 10.2.1 Mittausjärjestelyt ja tehdyt mittaukset

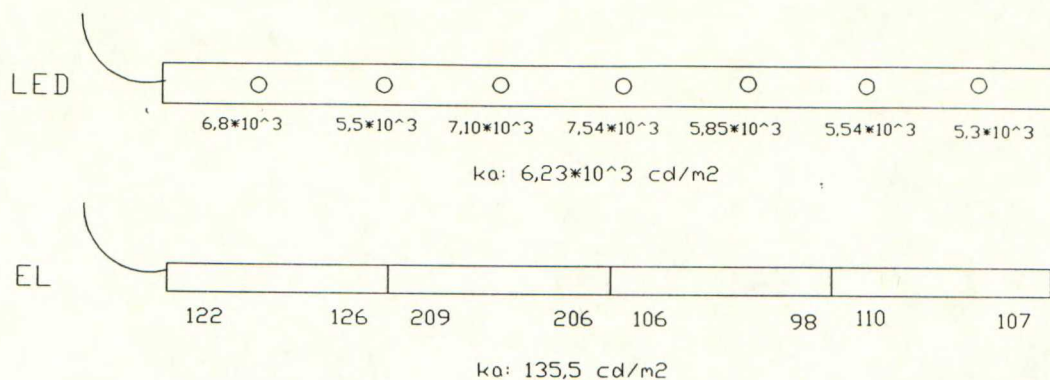
Savuttomassa tilassa valonlähteiden näkyvyyttä arvioitiin luminanssimittauksen avulla. Luminanssia mitattiin Spectra pritchard photometer model 1980 A -luminanssimittarilla. Myös luminanssi videophotometria, Cap Calc, käytettiin mittauksissa. Mittattavina valonlähteinä käytettiin Aqua-Signalin foliotyypistä kaksiraitaista LED-nauhaa, jossa LEDit oli juotettu 20 cm:n välein. LEDejä oli koekappaleessa yhteensä kahdeksan kappaletta. EL-nauha -koekappaleessa oli yhteensä neljä kappaletta noin puolen metrin pituista nauhaa, jotka oli asennettu osittain päällekkäin. EL-nauha oli saman valmistajan kuin LEDitkin. Molemmat nauhat oli asennettu valmiiseen profiiliin, jonka päällä oli läpinäkyvä muovinen suoja. Koetilaa pidettiin mittauksen aikana pimeänä, eli ympäröivän valaistuksen vaikutusta ei huomioitu.

LEDien luminanssi mitattiin 3,4 m:n etäisyydeltä samalta korkeudelta luminanssimittarin kanssa. Luminanssimittarin mittausalana käytettiin 2' (=1/30°). Mittauskorkeus oli 91,5 cm:ä. EL-nauhan luminanssit mitattiin 4,5 m:n etäisyydeltä, ja mittauskorkeutena käytettiin 91 cm:ä. Luminanssimittarin mittausalana käytettiin 6' (=1/10°).

#### 10.2.2 Mittaustulokset

Aluksi mitattiin eri LEDien luminanssin vaihtelu. Mitatut luminanssiarvot näkyvät kuvasta 44. EL-nauhoilla luminanssit mitattiin jokaisen nauhan molemmista päistä, jolloin mittauspisteitä saatiin yhteensä kahdeksan kappaletta.





**Kuva 44.** LEDien ja EL-nauhojen luminanssiarvot eri mittauspisteistä.

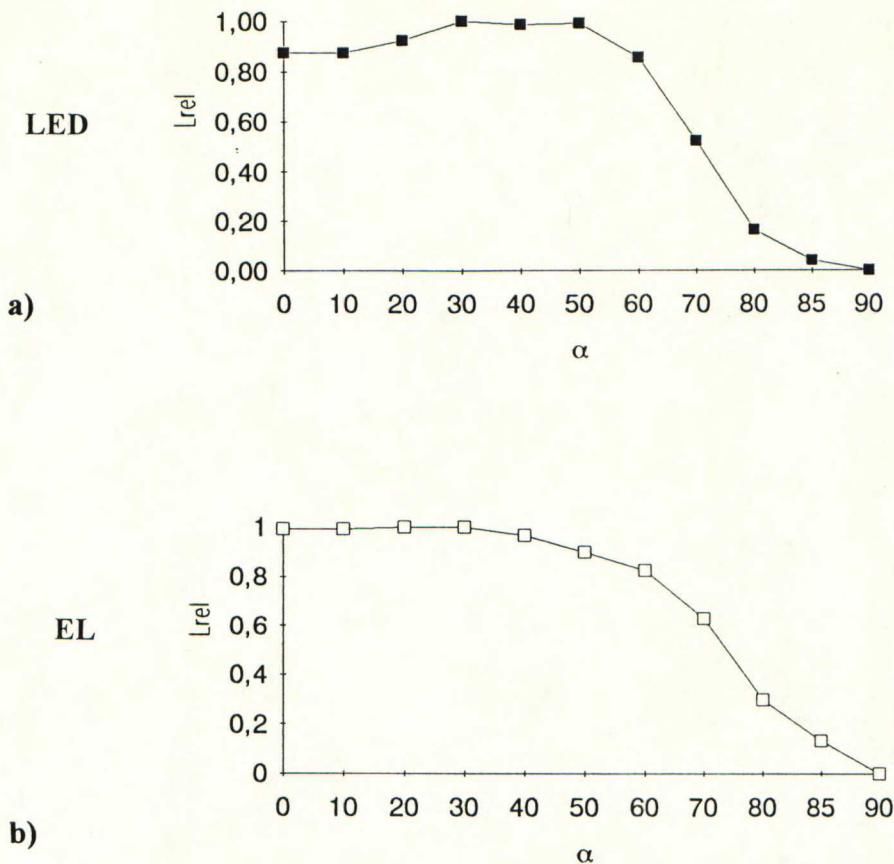
Seuraavaksi mitattiin yksittäisen LEDin luminanssit eri katsomiskulmista. EL-nauhan luminanssit mitattiin valitusta pisteestä. Lukemia otettiin 10 asteen välein. Tulokset on esitetty taulukossa 5.

**Taulukko 5.** Mittauksista saadut luminanssiarvot LEDille ja EL-nauhalle eri kulmista katsottuna.

	LED			EL		
	Pritchard	Cap Calc	$L_{rel}$	Pritchard	Cap Calc	$L_{rel}$
$\alpha$	[cd/m <sup>2</sup> ]	[cd/m <sup>2</sup> ]		[cd/m <sup>2</sup> ]	[cd/m <sup>2</sup> ]	
0	5250	5316	0,88	120	112	0,99
10	5260	4622	0,88	120	111	0,99
20	5550	4946	0,93	121	112	1,00
30	6000	4471	1,00	121	109	1,00
40	5920	3869	0,99	117	107	0,97
50	5950	5001	0,99	109	103	0,90
60	5150	2831	0,86	100	94	0,83
70	3150	2916	0,53	76	76	0,63
80	1000	1259	0,17	36	34	0,30
85	250	625	0,04	16	21	0,13
90	0	0	0,00	0	0	0,00

Tuloksista laskettiin suhteelliset savuttoman tilan luminanssit yhtälön 3 avulla, kun absoluuttisena arvona ( $L_0$ ) käytettiin mittauksissa saatua suurinta arvoa. Nyt voidaan esittää valonlähteiden suhteellinen luminanssi pimeässä savuttomassa tilassa katsomiskulman  $\alpha$  funktiona kuvan 45 tavoin.

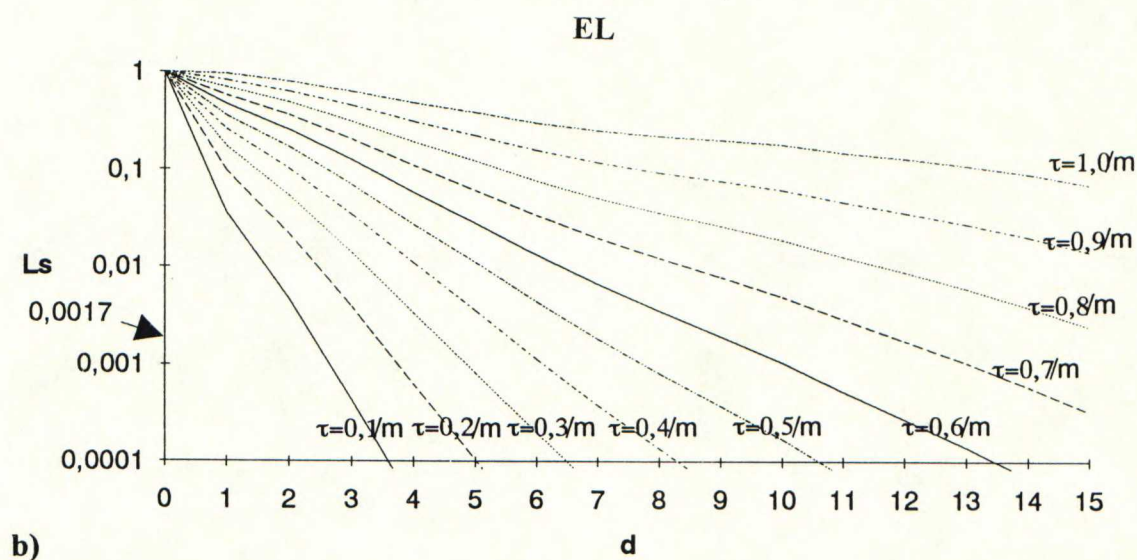
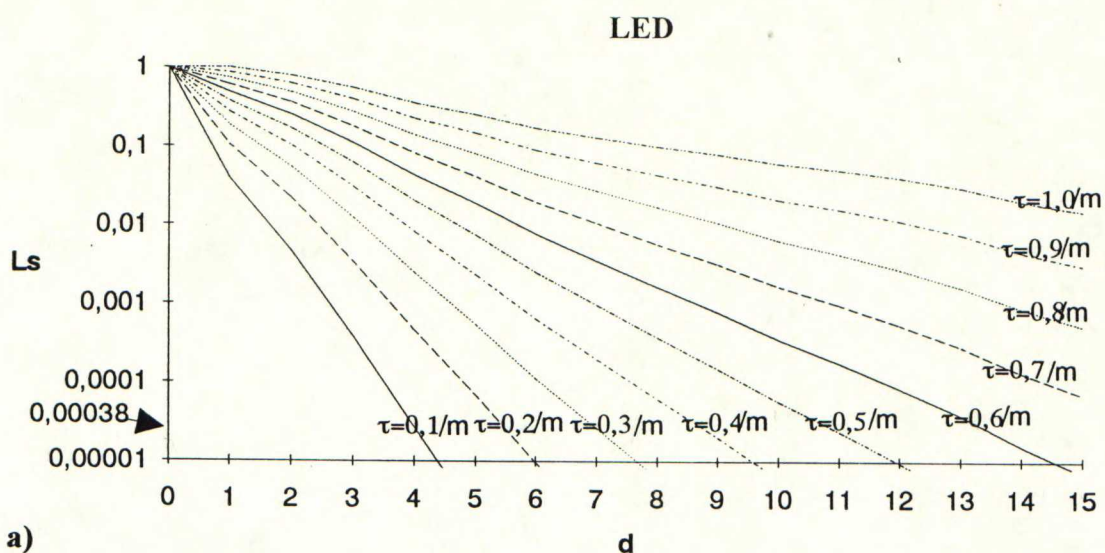




**Kuva 45.** a) LEDin ja b) EL-nauhan suhteellinen luminanssi savuttomassa tilassa  $L_{rel}$  katsomiskulman  $\alpha$  funktiona.

Kuvan 45 käyrien avulla voidaan nyt teoreettisesti määrittää valonlähteen suhteelliset luminanssiarvot eri savuntiheyksillä  $\tau$  ja katsomisetäisyyksiltä  $d$  yhtälön 4 mukaan. Tarkastelutilanteeksi valittiin sama kuin mitä VTT oli käyttänyt merkkivalaisinmittauksissaan (ks. kuva 43). Kuvan 43 tarkastelutapa on hyvä laivan hyttikäytäviä ajatellen, samalla voidaan verrata tässä työssä saatuja tuloksia VTT:n mittauksiin. Saadut suhteelliset luminanssiarvot on esitetty kuvassa 46.



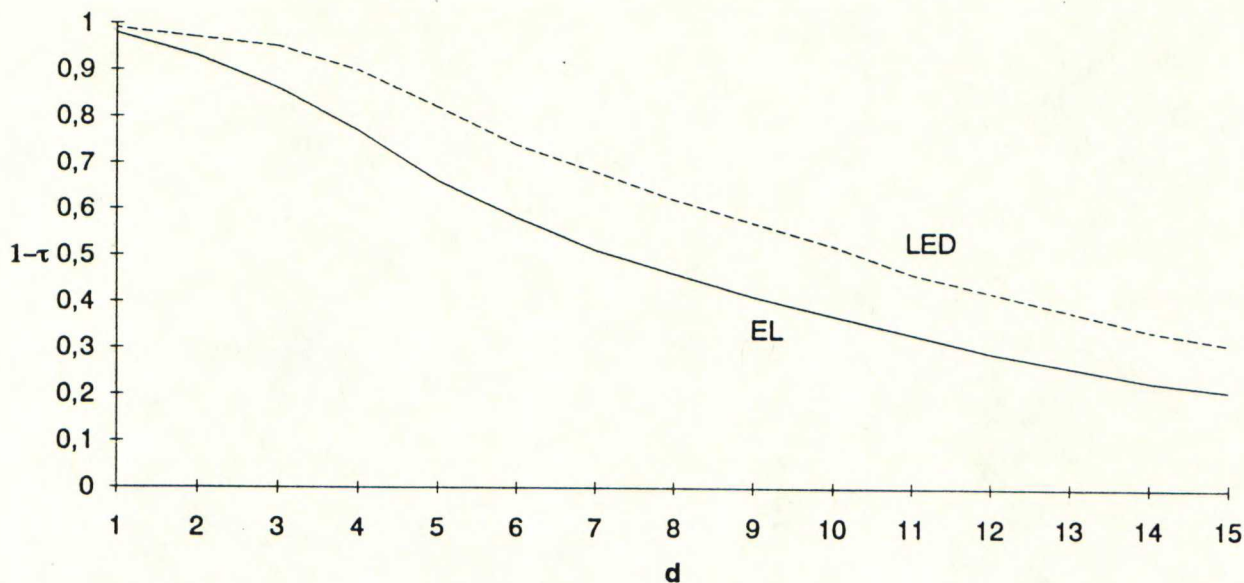


**Kuva 46.** LEDin ja EL-nauhan suhteellinen luminanssi savussa  $L_s$  eri savuntiheyksillä  $\tau$  katsomisetäisyyden  $d$  funktiona. Huomaa savuntiheyden yksikkö  $[1/m]$ .

Ennen kuin voidaan määrittää valonlähteen näkyvyys savussa savuntiheyden funktiona, on valonlähteelle määrättävä minimi luminanssi, jossa se vielä on tietyllä savuntiheydellä hyvin näkyvissä. VTT:n mittauksissa päädyttiin luminanssiarvoon  $0,2 \text{ cd/m}^2$ . Yhtälöstä 6 saadaan nyt tätä luminanssiarvoa vastaavat suhteelliset luminanssit savussa ( $L_s$ ). EL-nauhalle  $L_s = 0,0017$  ja LEDille  $L_s = 0,000038$ . Edellisillä suhteellisilla luminansseilla saadaan nyt kuvasta 46 näkyvyudet ja savuntiheydet. Kuvassa 47 nämä on havainnollistettu käyrinä. Huomaa, että kuvaajan y-akselin arvot kertovat, kuinka paljon savusta peittää valon ( $=1-\tau$ ). Kuvasta 47 voidaan esimerkiksi todeta,



että kun valosta 70 % ei pääse savun läpi ( $1-\tau = 0,7$ ) on näkyvyys EL-nauhalle noin 4,5 m ja LEDille n.6,5 m. Vertaa käyrää IGP:n vastaavaan (kuva 40).



**Kuva 47.** LEDille ja EL-nauhalle laskettu riippuvuus savuntiheydelle ja näkyvyydelle (=katsomisetaisyydelle).  $1-\tau$  = se osa valosta, joka ei pääse savun läpi.  $d$  = näkyvyys metreinä.

### 10.3 Johtopäätöksiä tehdyistä mittauksista

Luminanssimittarilla saadut tulokset poikkeavat LED mittauksissa huomattavasti CapCalc-mittalaitteella saaduista. Luminanssimittarin tuloksia voidaan kuitenkin pitää luotettavempina, sillä Cap Calc:illa oli vaikea määrittää LEDien osalta alueet, joista keskimääräiset luminanssit oli otettava. EL mittauksien tulokset ovat kuitenkin käytetyillä mittareilla suurin piirtein samat. Kaiken kaikkiaan tavallinen luminanssimittari soveltuu kyseisiin mittauksiin hyvin.

Teoreettisen tarkastelun tuloksena saadut kuvan 47 mukaiset käyrät ovat hyvin pitkälle aiemmin maailmalla tehtyjen kokeiden mukaisia. Jos kyseisiä käyriä verrataan esimerkiksi aiemmin esitettyihin IGP:n käyriin (kuva 40), voidaan todeta, että arvot ovat suurin piirtein samaa luokkaa.

Tuloksista voidaan päätellä, että LEDit näkyvät EL-nauhoja pidemmälle. Tosin kuvasta 47 voidaan myös havaita, että näkyvyys suurilla savuntiheyksillä ( $\tau < 0,1$  /m) on molemmille valonlähteille samaa luokkaa. Tästä voidaan tehdä se johtopäätös, että valonlähteen luminanssilla ei ole niin suurta merkitystä näkyvyyden kannalta kuin katsomisetaisyydellä. IGP:n tutkimukset johtivat samaan tulokseen. Koska luminanssin merkitys on suurilla savuntiheyksillä pieni, on tärkeää, että katsomisetaisyys on pieni. Tämä on mahdollista totetuttaa ainoastaan yhtenäisesti jatkuvilla järjestelmillä.

LEDien luminanssit olivat huomattavasti suurempia, kuin EL-nauhoilla, ja LEDien valokeila oli yllättävästi laaja, mikä vaikutti oleellisesti tuloksiin pienemmillä savuntiheyksillä. LEDit voidaan hyvin asentaa 30 cm:n välein profiiliin, vaikka yksi LED rikkoontuessaan johtaakin 60 cm:n välimatkaan.



UL 1994 -standardin mukaisella  $\tau=0,5$  /m arvoilla LEDit ovat tämän mittauksen mukaan teoriassa näkyviä. 10,5 metrin etäisyydelle, kun puolestaan EL-nauha näkyy 7,5 metrin etäisyydelle. VTT:n kriteerillä ( $\tau=0,6$  /m) vastaavat matkat ovat 12,5 m ja 9,5 m. IGP:n kriteerillä  $m \geq 1,5$  ( $\tau \leq 0,03$  /m) 1 luokan savuhätävalaistusjärjestelmille molemmille valonlähteille saadaan alle puoli metriä, mikä on sama tulos kuin, mitä IGP sai jälkivalaiseville materiaaleille ja hehkulamputille (kuva 40). IGP:n kriteeri 1 luokan järjestelmille on erittäin vaativa. Täyttäessään kyseisen vaatimuksen valonlähde on perustellusti omaa luokkaansa ja näkyy varmasti paremmin kuin muut.

Eri kriteereillä saatavat tulokset poikkeavat toisistaan huomattavasti, Valonlähteiden teoreettiseen näkyvyyteen savussa vaikuttaa oleellisesti, millä savuntiheyden arvoilla ja luminansseilla tarkastelu tehdään. Mielestäni kriteerit olisi oltava suhteellisen tiukat, jotta järjestelmät toimisivat myös silloin, kun niitä todella tarvitaan. On tärkeää, että eri tahojen kriteerit ovat suurinpiirtein toisiaan vastaavia, koska tällöin savuhätävalaistusjärjestelmät saadaan vertailukelpoisiksi ja samalle lähtöviivalle. IGP:n luokituksessa esiintyvä arvo kriittiselle optiselle savuntiheydelle ( $m=1,5$ ) on hyvä, koska se karsii todella hyvät järjestelmät keskivertoisista.

Saatujen tulosten perusteella voisi lisäksi päätellä, että EL-nauhat olisivat valaistusteknisesti sopivia myös puolijatkuvien järjestelmien valonlähteiksi. Sama asia pätee LEDeille, mutta savuhätävalaistusohjeet sallivat korkeintaan 30 cm:n välimatkan LEDeille valmiissa asennuksessa. Jos VTT:n kriteereitä sovelletaan sellaisenaan, voidaan EL-nauhanpätkiä asentaa paikoitellen, esimerkiksi jokaisen hyttien välissä olevan huoltotilan kohdalle (etäisyys n. 5 m). Tämäkin on erittäin huomionarvoinen tulos, sillä tällä hetkellä markkinoilla olevista EL-järjestelmistä melkein kaikkia tarjotaan yhtenäisesti jatkuvana. Mielestäni asiaa pitäisi tutkia enemmän, ja jos osoittautuu, että näin tosiaankin on, olisi viranomaisten joustettava enemmän vaatimusten suhteen. Esimerkiksi LED-järjestelmän totetuttaminen puolijatkuvana voisi tulla kyseeseen. Toisaalta, jos kriteerit asetetaan korkeiksi, eli jos vaaditaan poistumistiejärjestelmältä toimivuutta myös suurilla savuntiheyksillä, on puolijatkuvien järjestelmien soveltuvuus savuhätävalaistuksessa kokonaan kyseenalaistettava. Tällöin ainoa vaihtoehto on toteuttaa järjestelmä yhtenäisesti jatkuvana, eikä järjestelmä saa olla poikki kuin ainoastaan hyttikäytävän leveyden verran.

Kaiken kaikkiaan tehdyistä kokeista voi päätellä ainakin sen, että savuhätävalaistuksen valonlähteitä ja jälkivalaisevia merkintöjä on vielä tutkittava. Kokeita on tehtävä todellista tilannetta vastaavissa olosuhteissa, eri savulaatujen vaikutukset olisi syytä ottaa huomioon. Standardia kehiteltäessä on huomioitava, että muodostuvat mahdollisimman yhtenäiseksi kansainvälisellä tasolla, jotta järjestelmät muodostuisivat keskenään vertailukelpoisiksi ympäri maailman.



## 11 OMA EHDOTUKSENI SAVUHÄTÄVALAISTUSJÄRJESTELMÄKSI

Mielestäni edellä esitettyjen asioiden perusteella uusien laivojen savuhätävalaistusjärjestelmäksi soveltuu parhaiten lattiaan asennettu LED-valonauha. Perustelunani on LEDien hyvä näkyvyys savussa. Lisäksi järjestelmä on turvallinen. LED-valonauhan vian korjaaminen on oltava helppoa. Hyvässä järjestelmässä vika korjataan vaihtamalla rikkiöntunut osa uuteen (LED-modulit). Lattia-asennus on seinäasennusta nopeampi ja vähemmän kaapelia vaativa. Lisäksi valonauhassa ei ole häiritseviä katkoksia matkan varrella.

Valonauhan syötön on oltava ehdottomasti varmennettu, jotta yhden syötön rikkiöntyessä valot eivät pimenesi esimerkiksi koko hyttikäytävän pituudelta. Lisäksi virtalähteiden yhteydessä on mielestäni syytä olla akustot, jotta järjestelmä olisi riippumaton laivan sähköverkon vioista.

LEDit kannattaa pitää jatkuvasti päällä, koska tällöin matkustajat voivat rauhassa helpommin tutustua järjestelmään. Myös vikojen havaitseminen on nopeampaa. Lisäksi ei tarvitse huolehtia siitä, kytkeytyykö savuhätävalaistusjärjestelmä oikealla hetkellä.

Savuhätävalaistus on mielestäni kytkettävä normaalia hätävalaistusta vastaavaksi eli hätäjakelutaulu ES3:een, jolloin se saa myös keskusakustosityötön. Otaksun, että tämä tulee olemaan myös yleisempi tulkinta asiasta.

Savuhätävalaistuksessa käytettävien merkintöjen on oltava selkeitä. Ovien luona olevien merkintöjen on mielestäni oltava sähköisiä, jotta ne erottuisivat muista poistumistien varrella olevista merkinnöistä. Muut merkinnät (esim. palosammutusvälineet) voivat olla jälkivalaisevia, kunhan muistetaan sijoittaa ne lähelle varsinaista valonauhaa.

Mielestäni savuhätävalaistusta ei voida vaatia yhtenäisesti jatkuvana perustellusti laivan yleisötiloihin, koska siellä merkintöjä on vaikea saada selkeiksi. Poistumisovet on kuitenkin merkittävä huolellisesti. Mielestäni ainoa vaihtoehto näiden merkitsemiselle on sähköinen valaisin oven vieressä.

Merkkivalaisimien ja jälkivalaisevien nauhojen soveltuvuus savuhätävalaistuksen valonlähteinä on hieman epämääräistä. Merkkivalaisimien välimatka voi tiheässä savussa olla liian suuri lyhyen näkyvyyden vuoksi. Jälkivalaisevat nauhat ovat tosin aina lähietäisyydellä ja ne muodostavat jatkuvan valonauhan, mutta kuitenkin epäilen niiden toimivuutta savuisissa olosuhteissa. Myös ympäröivä valaistus voi jonkin verran pienentää niiden näkyvyyttä pienemmillä savuntiheyksillä.

Vaikka turvallisuudella on hintansa, ei siitä saa liikaa tinkiä. Savuhätävalaistusta koskevia sääntöjä ja ohjeita sekä niistä muodostuvia tulkintoja ei pidä mielestäni noudattaa rimaa hipoen yrittäen tehdä järjestelmistä mahdollisimman halpoja, etenkin jos se tehdään turvallisuuden kustannuksella.



Turvallisuuteen panostetaan usein vasta onnettomuuksien jälkeen. Savuhätävalaistussäännöt ja ohjeet olivat seurausta Scandinavian Star'in tulipalosta. Kyseiset säännöt ja ohjeet ovat vasta alkutekijöissään ja niiden tulkinnat muovautuvat päivä päivältä. Tällä hetkellä telakat ja valmistajat odottavat luokituslaitosten ja kansallisten viranomaisten kantaa savuhätävalaistussääntöjen ja ohjeiden tuomiin tulkinnallisiin ongelmiin. Suurimmat tulkinnalliset kysymykset liittyvät siihen, miten savuhätävalaistusta on sovellettava yleisötiloissa ja miten järjestelmää on sähköisesti syötettävä.

Markkinoilla olevat savuhätävalaistusjärjestelmät jakaantuvat valonlähteittäin. Tällä hetkellä soveltuvimpana järjestelmänä kyseiseen tarkoitukseen voidaan hyvällä syyllä pitää LED-järjestelmää lattiaan asennettuna, jolloin sen näkyvyys savussa on parhaimmillaan, koska LEDin valokeila suuntautuu paremmin havaitisijaan nähden kuin seinässä ollessaan. Yleinen käsitys maailmalla on, että LEDit ovat parhaimpia valonlähteitä savuhätävalaistuksen valonlähteiksi. Myös tämän työn mittausten perusteella LEDit näkyvät savussa EL-nauhoja pidemmälle.

Lattia-asennusta puolustaa myös asennuksen helppous. LEDien rakenteen kestävyys puolustaa myös osaltaan LEDien valintaa. LEDien polttoikä on suuri, ja mikäli ne rikkoontuvat, niiden vaihtaminen on helppoa. LEDit ovat myös turvallisia, koska käyttöjännite on pieni (24 V). Myös EL-järjestelmät ovat luotettavuudeltaan hyviä, mutta EL-nauhojen polttoikä rajoittaa niiden käyttöä. EL-nauhan luminanssille on ominaista, että se laskee ajan funktiona. EL-järjestelmää ei voida tämän vuoksi pitää aina päällä. EL-nauhat toimivat suhteellisen pienillä jännitteillä, mutta taajuuden on oltava yli 400 Hz:ä riittävän hyvän luminanssin aikaansaamiseksi. Korkea taajuusvaatimus näkyy EL-nauhaa syöttävän virtalähteen monimutkaisuudessa ja hinnassa. LEDejä voidaan syöttää muuntajan kautta, mikäli säännöt sallivat akuttomat virtalähteet.

Jälkivalaisevia merkintöjä voidaan sääntöjen mukaan käyttää, mutta niiden näkyvyys todellisessa tilanteessa on epämääräinen. Jälkivalaisevien materiaalien suurimpana heikkoutena voidaan pitää, että niille on järjestettävä riittävän hyvä varaavaa valaistus, mikä on ongelmallista himmennettävissä tiloissa. Lisäksi koetasennuksissa on todettu joidenkin liimattavien nauhojen irtoilevan ajan kuluessa /35/. Jälkivalaisevia merkintöjä on jo jonkin verran asennettu lisähätävalaistuksen muodossa ro-ro-matkustajalavoihin. Kyseisiä asennuksia voidaan viranomaisten sallimissa rajoissa hyödyntää myös savuhätävalaistuksessa. Myös arkisemman näköisissä tiloissa voitaisiin ajatella käytettävän jälkivalaisevia merkintöjä.

Tavanomaisia merkki- ja turvavalaisimia lattianrajaan asennettuna voidaan myös soveltaa savuhätävalaistusta rakennettaessa, mutta tällöin on standardien avulla määrättävä valaisimien välinen maksimietäisyys. Suomessa VTT:llä on olemassa menetelmä kyseisen etäisyyden määrittämiseksi. Kyseisessä menetelmässä asetetut kriteerit savuntiheydelle ja valonlähteiden luminansseille määräävät valonlähteen teoreettisen näkyvyyden savussa. Lattian raja- asennetut merkki ja turvavalaisimet soveltuvat parhaiten tiloihin, joissa yhtenäisesti jatkuvaa valonauhaa on vaikea asentaa.

Tällä hetkellä ei ole olemassa kansainvälistä standardia savuhätävalaistusjärjestelmien testaamiseksi, mutta asiaa tutkitaan monella taholla, ja Suomessakin VTT on luomassa mittausten menetelmää kyseisten järjestelmien testaamiseksi savuisissa olosuhteissa.

Savuhätävalaistuksen periaatteet muokkautuvat yhtenäisemmiksi vasta valmiiden asennusten ja kokemusten kautta. Sen vuoksi IMO:n säännötkin antavat liikkumavaraa. Tärkeää on saattaa järjestelmän asennusperiaatteet yhtenäisiksi kansainvälisellä tasolla, jottei järjestelmien kirjo muodostuisi liian suureksi. Matkustajan on helpompi ymmärtää savuhätävalaistusjärjestelmän antama viesti, kun se on samoilla periaatteilla toteutettu jokaisessa laivassa.



Vaikka savuhätävalaistus ei rahana tuota mitään, ei turvallisuudesta saa liikaa tinkiä -onhan savuhätävalaistuksen tarkoituksena pelastaa korvaamattomia ihmishenkiä.

Savuhätävalaistus koskee tällä hetkellä kansainvälisellä tasolla ainoastaan laivapuolta. Järjestelmä sopisi hyvin samoilla periaatteilla kuin laivoihin asennettuna myös maapuolella esimerkiksi hotelleihin, joissa saattaa olla hyvinkin sokkeloisia käytäviä. Tarvitaanko maapuolen kansainvälisten vaatimusten syntymiseksi tuhoisa hotellitulipalo?



### 13 JATKOTUTKIMUSTARVE

Tulevaisuudessa on hyvä selvittää, mitkä tulevat olemaan eri viranomaisten lopulliset tulkinnat savuhätävalaistuksen eri osa-alueista. Ensimmäiset savuhätävalaistusasennukset valmistuvat vuoden 1995 keväällä Ranskassa ja Italiassa. Näihin asennuksiin ovat mm. DNV (Det Norske Veritas) ja USCG (US Coast Guard) joutuneet ottamaan kantaa.

Savuhätävalaistuksen valonlähteille on kehiteltävä standardinmukaiset savutestausmenetelmät, jotta eri tyyppiset valonlähteet saataisiin keskenään vertailukelpoisiksi. Standardin on määriteltävä, millaisissa savuolosuhteissa valonlähteen on oltava näkyvä, ja mille etäisyydelle. Kriteerit on luotava ottaen huomioon valonlähteiden luminanssit.

Standardia luotaessa on huomioitava eri savutyyppien vaikutukset. Savuntuottajina on syytä käyttää samoja materiaaleja kuin laivojen hyttikäytävillä normaalisti esiintyy. Olisi hyvä tietää, miten eri savutyyppit vaikuttavat valonlähteen näkyvyyteen.

Esimerkiksi LEDien ja EL-nauhojen soveltuvuutta puolijatkuvien järjestelmien valonlähteiksi on tutkittava. Voitaisiko muutaman LEDin kiskoja asentaa samalla periaatteella, kuin tavanomaisia merkivalaisimia?

Optisten kuitujen soveltuvuutta savuhätävalaistuksessa kannattaa selvittää tarkemmin. On selvitettävä, miten hyvin ne täyttävät savuhätävalaistussääntöjen ja -ohjeiden asettamat reunaehdot, sekä viranomaisvaatimukset. Myös turvallisuus ja kustannuskysymykset on huomioitava.

Valmiiden savuhätävalaistusjärjestelmien valonlähdevalikoima on tällä hetkellä pieni. Tuotekehitys voisi osaltaan painottua uusien valonlähteiden kehittämiseen. Voisiko jokin muu valonlähde kuin esimerkiksi LED soveltua paremmin savuhätävalaistuksen valonlähteeksi, kun huomioidaan säännöt, turvallisuustekijät, savussa erottuminen ja kustannukset?

Savuhätävalaistuksen kokonaiskustannuksesta arviolta puolet ovat kaapelointi- ja asennuskustannuksia. Voisiko järjestelmiä kehittää siihen suuntaan, että edellä mainittujen kustannusten osuus olisi pieni?

Sähköisten savuhätävalaistusjärjestelmien huollolle ja ylläpidolle on annettu ainoastaan lyhyet ohjeet savuhätävalaistusohjeissa. On tärkeää, että mittausmenetelmät ja -laitteet standardisoidaan. Tällä hetkellä ei vielä tiedetä, miten mittaukset tullaan käytännössä tekemään, joten selvitystä siihen tarvitaan. Savuhätävalaistusjärjestelmien tarkkailu voidaan automatisoida, jolloin eri vioista saadaan osoitus. On tärkeää selvittää, missä määrin kyseistä automatiikkaa voidaan viranomaisten puitteissa hyödyntää.

On tärkeää selvittää, missä määrin ro-ro-matkustajalaivoihin vaadittua lisähätävalaistusta voidaan hyödyntää savuhätävalaistuksessa ja millä perustein. Näiden pohjalta on syytä laatia kansainvälisellä tasolla selkeät ohjeet, miten savuhätävalaistus ja lisähätävalaistus on sovitettava yhteen.



## LÄHDELUETTELO

- /1/ Aizlewood C.E., Webber G.M.B. Emergency escape route lighting: a comparison of human performance with traditional lighting and wayfinding systems. Garston Watford. 1991. Building Research Establishment. 12 s.
- /2/ Boyce, P.R. Movement under emergency lighting. The effects of changeover from normal lighting. Light. Res. Tech. 18(1986), s. 1-18.
- /3/ BS 5266. Code of practice for the emergency lighting of premises. 1988.
- /4/ Clark F.R.S., Rea M.S. and Ouellette M.J., 1985. Visibility of exit signs through smoke. Canada, National Research Council Canada, NRCC 25047. 18s.
- /5/ Det norske Veritas. Rules for classification of ships. Det norske Veritas Classification A/S. 1993.
- /6/ DIN 67510: Part 3. Longtime afterglowing pigments and products; escape route system. Deutsches Institut für Normung. 1992.
- /7/ Haatainen P. Jälkivalaisevan materiaalin asennustapaohje. Helsinki 1990. MKH. 2 s.
- /8/ Haatainen P. Merenkulkuhallitus. Haastatteluja. 1994.
- /9/ Haatainen P. Savuhätävalaistusohjeen muistio. Helsinki 1993. MKH. 5 s.
- /10/ Halonen L. ja Lehtovaara J. Valaistustekniikka. 1p. Espoo. 1992. Otatieto Oy. 455 s.
- /11/ IEC 92-306. Equipment -Luminaires and accessories. International Electrotechnical Commission. 1980. 19s.
- /12/ IEC 598-1. Luminaires. General requirements and tests. International electrotechnical commission. 1986. 123s.
- /13/ IEC 598-2-22. Luminaires for emergency lighting. International electrotechnical commission. 1990. 23s.
- /14/ IEC, Publication 529. Classification of degrees of protection provided by enclosures. International Electrotechnical Commission. 1980. 40 s.
- /15/ IEC publication 945. Marine navigational equipment. General requirements -Methods of testing and required test results. International Electrotechnical Commission.
- /16/ IMO resolution MSC.24(60). International Maritime Organization. 1993.
- /17/ IMO resolution MSC.27(61). International Maritime Organization. 1993.
- /18/ IMO resolution A.752(18). 1993. Guidelines for the evaluation, testing and application of low location lighting on passenger ships. International Maritime Organization. 1993. 5 s.
- /19/ IMO resolution A.654(16). Symbols for fire control plans. International Maritime Organization. 1989. 1s.
- /20/ IMO resolution 760. International Maritime Organization.



- /21/ IMO resolution A.603. Symbols related to life saving appliances and arrangements. International Maritime Organization. 1s.
- /22/ International convention for the Safety Of Life At Sea (SOLAS) and amendments. 1992. Consoliated edition. London. International Maritime Organization. 500 s.
- /23/ Jensen G. Evacuating in smoke. Trondheim 1993. IGP A/S. 41 s.
- /24/ Lampinen J. Seminaariesitelmä laivojen sähkönjakelusta. Wärtsilä Marine. 1984. 8 s.
- /25/ Lloyd's Register. Rules and regulations for the classification of ships. Lloyd's register of shipping. 1993.
- /26/ Low level lighting. Safety at Sea international. (1993)4. s. 19-11.
- /27/ Marjakangas M. Kværner Masa-Yards. Haastatteluja. 1994.
- /28/ Merkki- ja turvavalaistus sekä poistumisopasteet, suunnittelu- ja asennusohjeet. Sähkötieto ry. 1993.
- /29/ NFPA 101. Illumination of means of egress, emergency lighting and marking of means of egress. National Fire Protection Association. 1991.
- /30/ NFPA 170. Standard Public Fire Safety Symbols. National Fire Protection Association. 1991.
- /31/ Norwegian guidelines for evaluation, testing and application of low-location lighting for escape in passenger ships, 1994
- /32/ Ouellette M.J. Exit signs in smoke: Design parametres for greater visibility. 1988. Light Res. Tech 20(4) s.155-160.
- /33/ Ouellette M.J. and Rea M.S. 1989: Illuminance requirements for emergency lighting. J. Illum. Eng. Soc. 18(1989)1, s. 37-42.
- /34/ Palo ja turvallisuustekniikka opetusmoniste S-93. Espoo 1993. Otatiето Oy. 222 s.
- /35/ Poutanen Antti. Kværner Masa-Yards. haastatteluja. 1994.
- /36/ Rea M.S. How good are emergency lighting systems? Light. Des. Appl. 15(1985)9. s. 26-27.
- /37/ Rea M.S., Clark F.R.S. and Ouellette M.J. Photometric and psychophysical measurements of exit signs through smoke. Ottawa 1985. National Research Council Canada. NRCC 24627. 41 s.
- /38/ Rea M.S. Lighting Handbook. Eighth Edition. New York. 1993. Illuminating Engineering Society of North America. 941 s.
- /39/ Robbert. J, Bornemann C, Hansen F. F. The intelligent emergency system. 1994. Scansafe. 12 s.
- /40/ SFS-IEC 50(845). Sähköteknillinen sanasto, Valaistus. Suomen standardisoimisliitto. 1992. 351 s.
- /41/ SFS-ISO 3864. Turvallisuusvärit ja turvallisuuskilvet. Suomen standarsoimisliitto. 1993. 15 s.



- /42/ SFS-ISO 4640. Merkki- ja turvavalaistus -laitteet ja vaatimukset, Suomen standardisoimisliitto. 1985. 10 s.
- /43/ SFS 4148. Kilvet -Yleiset vaatimukset. Suomen standardisoimisliitto 1978. 6 s.
- /44/ SFS 5177:E (EN 54-7). Automaattisten paloilmottimen laitteet. Osa 7. Savuilmaisimet; pisteilmaisimet, joiden toiminta perustuu valon sirontaan, valon vaimentumiseen tai ilman ionisaatioon. Suomen standardisoimisliitto. 1985. 12 s.
- /45/ Smith. S.A. Senior Surveyor. Lloyd's register of shipping. Telefax 10.10.1994.
- /46/ The LLS design guide, revision 0490. USA 1990. Loctite Luminescent systems inc. 30 s.
- /47/ Timonen T, Heikkinen J. Luminance measurements of the emergency lighting units and determining the minimum distance between the lighting units regarding requirements. Espoo 193. No: SÄH 1012/93. 7 s.
- /48/ UL 1994. Standard for low level path marking and lighting systems. Underwriters Laboratories. 1994. 55 s.
- /49/ UL 924. Standard for emergency lighting and power equipment. Underwriters Laboratories. 1984. 43 s.
- /50/ Webber G.M.B., Hallman P.J. and Salvidge A.C. Movement under emergency lighting: Comparison between standard provisions and photoluminescent markings. Light. Res. Tech. 20(1988)4. s. 167-175.
- /51/ Webber G.M.B. and Aizlewood C.E. Shedding light in an emergency, Building Services The CIBSE Journal 14(1992)5. s. 53-55.

TKK SÄHKÖTEKNIIKAN  
OSASTON KIRJASTO  
OTAKAARI 5 A  
02150 ESPOO



## LIITE 1. SAVU- JA LISÄHÄTÄVALAISTUSSÄÄNNÖT

### • SOLAS reg. II-2/28, 1.10 (savuhätävalaistus, uudet matkustaja-alukset)

In addition to the emergency lighting required by regulations II-1/42 and III/11.5, the means of escape including stairways and exits, shall be marked by lighting or photoluminescent strip indicators placed not more than 0.3 m above the deck at all points of the escape route including angles and intersections. The marking must enable passengers to identify all the routes of escape and readily identify the escape exits. If electric illumination is used, it shall be supplied by the emergency source of power and it shall be so arranged that the failure of any single light or cut in a lighting strip, will not result in the marking being ineffective. Additionally, all escape route signs and fire equipment location markings shall be of photoluminescent material or marked by lighting. The Administration shall ensure that such lighting or photoluminescent equipment have been evaluated, tested and applied in accordance with the guidelines developed by the organisation.

### • SOLAS reg. II-2/41-2, 4.7 (savuhätävalaistus, olemassa olevat matkustaja-alukset)

In addition to the emergency lighting required by regulations II-1/42 and III/11.5, the means of escape including stairways and exits, shall be marked by lighting or photoluminescent strip indicators placed not more than 0.3 m above the deck at all points of the escape route including angles and intersections. The marking must enable passengers to identify all the routes of escape and readily identify the escape exits. If electric illumination is used, it shall be supplied by the emergency source of power and it shall be so arranged that the failure of any single light or cut in a lighting strip, will not result in the marking being ineffective. Additionally, all escape route signs and fire equipment location markings shall be of photoluminescent material. The Administration shall ensure that such lighting or photoluminescent equipment have been evaluated, tested and applied in accordance with the guidelines developed by the organisation.

### • SOLAS reg. II-1/42-1 (lisähätävalaistus)

Supplementary emergency lighting for ro-ro passenger ships (this regulation applies to all passenger ships with ro-ro cargo spaces or special category spaces as defined in regulation II-2/3, except that for ships constructed before 22 October 1989, this regulation shall apply not later than 22 October 1990)

In addition to the emergency lighting required by regulation 42.2, on every passenger ship with ro-ro cargo spaces or special category spaces as defined in regulation II-2/3:

.1 All public spaces and alleyways shall be provided with supplementary electric lighting that can operate for at least three hours when all other sources of electric power have failed and under any condition of heel. The illumination provided shall be such that the approach to the means of escape can be readily seen. The source of power for the supplementary lighting shall consist of accumulator batteries located within the lighting units that are continuously charged, where practicable, from the emergency switchboard. Alternatively, any other means of lighting which is at least as effective may be accepted by the administration. The supplementary lighting shall be such that any failure of the lamp will be immediately apparent. Any accumulator battery shall be replaced at intervals having regard to the specified service life in the ambient conditions that they are subject to in service; and

.2 A portable rechargeable battery operated lamps shall be provided in every crew space alleyway, recreational space and every working space which is normally occupied unless supplementary emergency lighting, as required by sub-paragraph .1, is provided.



## LIITE 2. SAVUHÄTÄVALAISTUSOHJEET, IMO RES. A.752(18) (SUOMENNOS JA ALKUPERÄINEN TEKSTI)

### 1 JOHDANTO

1.1 Nämä ohjeet käsittelevät SOLAS-sääntöjen II-2/28, kohta 1.10 ja II-2/41-2, kohta 4.7 vaatiman savuhätävalaistuksen hyväksymistä, asennusta sekä ylläpitoa, Ohjeet koskevat sellaisia matkustajaluksia, joissa matkustajia on 36 tai enemmän. Tarkoituksena on, että poistumistie saataisiin selvästi havaittavaksi, kun normaali hätävalaistus ei siihen savun takia kykene.

### 2 YLEISTÄ

2.1 SOLAS-sääntöjen II-1/42 ja III/11.5 vaatiman laivojen tavanomaisen hätävalaistuksen lisäksi poistumistiet, portaikot sekä poistumisovet, olisi joka kohdassa, mukaan lukien kulmat ja risteykset, merkittävä savuhätävalaistuksella, kuten säännöissä II-2/28, kohta 1.10 ja II-2/41-2, kohta 4.7 vaaditaan. Lisäksi kaikki poistumistien merkit sekä palosammutusvälineiden sijainnin merkinnät olisi oltava, joko jälkivalaisevia tai sähköisesti valaistuja tai jommalla kummalla tavalla toteutettuja.

2.2 Ro-ro-matkustajalaivoissa käytettävää lisähätävalaistusta (sääntö II-1/42-1) voidaan käyttää osana tai kokonaan savuhätävalaistuksena, edellyttäen, että kyseinen järjestelmä täyttää savuhätävalaistukselle asetetut vaatimukset.

2.3 Savuhätävalaistuksen on toimittava jatkuvasti vähintään tunnin ajan aktivoimisensa jälkeen. Kaikki järjestelmät, mukaan lukien automaattisesti aktivoituvat tai jatkuvasti toimivat, on voitava manuaalisesti kytkeä yhdellä kytkimellä jatkuvasti miehitetystä tilasta.

### 3 MÄÄRITELMIÄ

3.1 *Savuhätävalaistus (LLL)* = sähköisesti syötetty valaistus tai jälkivalaiseva merkintä, joka on asennettu poistumistien kohtiin selvästi erottamaan poistumistie.

3.2 *Jälkivalaiseva järjestelmä (PL-system)* = jälkivalaisevilla materiaalilla toteutettu savuhätävalaistusjärjestelmä. Jälkivalaiseva materiaali koostuu kemiallisista aineosista (esimerkiksi sinkkisulfidi), joilla on kyky varastoida energiaa, kun niitä valaistaan näkyvällä valolla. Jälkivalaiseva materiaali emittoi valoa, joka muuttuu näkyväksi, kun muu ympäröivä valaistus on himmeä. Ilman varaavaa valaistusta jälkivalaiseva materiaali luovuttaa varastoimansa energian rajoitetun ajan. Samalla sen luminanssi vähenee.

3.3 *Sähköinen järjestelmä (EP-system)* = savuhätävalaistusjärjestelmä, joka vaatii sähköä toimiakseen. Tällaisia järjestelmiä voidaan esimerkiksi toteuttaa pienoishehkulamputilla, LEDeillä, EL-nauhoilla jne.

### 4 ERITYISTÄ

4.1 Hallinnon on varmistuttava siitä, että savuhätävalaistusjärjestelmä on organisaation hyväksymien kansainvälisten standardien vaatimusten mukainen (myös kansallisia standardeja voidaan soveltaa odotellessa kansainvälisten standardien kehittymistä).

4.2 Savuhätävalaistuksen on oltava jokaisella käytävällä jatkuva, paitsi risteävien käytävien ja ovien kohdilla. Tarkoituksena on luoda poistumistielle näkyvä ja johdonmukainen opaste. Myös sellaiset järjestelmät, jotka eivät ole yhtenäisesti jatkuvia voidaan hyväksyä, edellyttäen, että ne testataan kansainvälisen standardin mukaisesti ja todetaan, että ne muodostavat riittävän näkyvän opastuksen tilasta poistumiselle (tällä hetkellä kansalliset standardit -esimerkiksi amerikkalainen UL 1994 -standardi, käyvät, koska kansainvälisiä ei ole). Savuhätävalaistus on asennettava ainakin käytävän toiselle puolelle korkeintaan 30 cm lattiasta seinään tai 15 cm seinästä lattiaan käytävän leveyden



ollessa alle kaksi metriä. Kun käytävä on leveämpi kuin kaksi metriä, on savuhätävalaistus asennettava molemmin puolin käytävää.

4.3 Umpikäytävät on merkittävä nuolin tai vastaavilla suunnanosoittimilla korkeintaan metrin välein. Nuolien on osoitettava suunnan pois umpikäytävän päästä.

4.4 Kaikissa portaikoissa savuhätävalaistuksen tulee olla ainakin toisella puolella askelmia, kun portaikon leveys on alle kaksi metriä. Valaistuksen on oltava korkeintaan 30 cm askelmien yläpuolella, siten asennettuna, että jokaisen askelman sijainti on selvästi erottuva kelle tahansa, joka seisoo kyseisen askelman ylä- tai alapuolella. Mikäli portaikko on leveämpi kuin kaksi metriä, on savuhätävalaistus asennettava molemmin puolin. Portaikon ylin ja alin askelma on erotettava muista, jotta kulkija tiedostaisi, ettei askelmia enää ole.

4.5 Savuhätävalaistuksen yhteydessä on käytettävä IMO:n laatimia symboleita, jotka opastavat matkustajat kokoontumisasemille, kuten SOLAS-säännössä III/24 vaaditaan.

4.6 Jokaisessa matkustajahytissä on oltava savuhätävalaistusjärjestelmää selventävä kaavio, joka asennetaan hyttioven sisäpuolelle. Kaaviossa on oltava kartta, joka osoittaa ja näyttää tien kahdelle lähimmälle poistumisovelle.

4.7 Savuhätävalaistusjärjestelmän tarvikkeet ja materiaalit eivät saa sisältää radioaktiivisia tai muuten myrkyllisiä aineita.

## 5 OVET

5.1 Savuhätävalaistuksen on johdettava poistumisoven kahvalle. Jotta välttyttäisiin sekaannuksilta, muita ovia ei tule merkitä samalla tavalla.

5.2 Liukuvien palo-ovien ja vesitiiviiden ovien aukaisumekanismi opastetaan savuhätävalaistusjärjestelmän merkinnällä.

## 6 MERKIT JA MERKINNÄT

6.1 Kaikki poistumistien merkit ja palosammutusvälineiden sijaintia osoittavat merkinnät on oltava joko jälkivalaisevia tai sähköisiä. Merkit ja merkinnät sijoitetaan seinälle korkeintaan 30 cm lattiatasosta. Merkkien ja merkintöjen tulee olla yhteensopivia savuhätävalaistusjärjestelmän muiden osien kanssa.

6.2 Jokaisella poistumisovella täytyy olla savuhätävalaistusjärjestelmän merkintä. Merkinnät asennetaan korkeintaan 30 cm lattiatasosta sille puolelle ovea, jolla ovenkahva on.

6.3 Merkkien värit tulee erottua taustastaan (laipio tai kansi), johon ne on asennettu.

## 7 JÄLKIVALAISEVAT JÄRJESTELMÄT

7.1 Ellei erikseen mainita, jälkivalaisevat nauhat eivät saa olla 75 mm kapeampia. Kapeampia nauhoja saa käyttää ainoastaan, mikäli niiden luminanssiarvoja kasvatetaan kompensoimaan leveyden pienenemistä.

7.2 Jälkivalaisevilla materiaaleilla luminanssin on vähintään oltava 15 mcd/m<sup>2</sup> kymmenen minuutia sen jälkeen, kuin muu ympäröivä valaistus on kokonaan sammunut. Jälkivalaisevilla materiaaleilla toteutetulla savuhätävalaistusjärjestelmällä luminanssin on pysyttävä vähintään 2.0 mcd/m<sup>2</sup>:n tasolla ensimmäisen tunnin aikana.



7.3 Jälkivalaisevilla materiaaleilla on oltava riittävä ympäröivä varaava valaistus, jotta yllä mainitut luminanssivaatimukset saavutettaisiin.

## 8 SÄHKÖISET JÄRJESTELMÄT

8.1 Sähköiset savuhätävalaistusjärjestelmät on SOLAS-säännön II-1/42 mukaisesti oltava kytkettyinä hätäjakelutauluun, jotta ne normaalitilanteessa saavat syöttönsä normaaliverkosta, sekä myös varavoimanlähteestä tämän ollessa käytössä. Vaihtoehtoisesti (pätee ainoastaan olemassa oleville aluksille) sähköiset järjestelmät voidaan kytkeä normaalivalaistuksen verkkoon, edellyttäen, että samaan verkkoon kytketyt itsenäiset akut toimivat vähintään tunnin ajan. Savuhätävalaistusjärjestelmän tulee akuilla toimiessaan lisäksi täyttää alla olevat vaatimukset.

8.2 Kaikkien sähköisten järjestelmien on täytettävä seuraavat standardoidut luminanssi- ja valovoima arvot:

- .1 järjestelmän aktiivisilla osilla luminanssin on oltava vähintään  $10 \text{ cd/m}^2$ ;
- .2 pienoishehkulampuilla toteutetun järjestelmän lamppujen keskimääräisen pallovalovoiman tulee olla vähintään 150 mcd, kun lamppujen välinen etäisyys on alle 10 cm;
- .3 LEDien keskiakselin valovoima-arvot eivät saa alittaa arvoa 35 mcd. LED:ien puoliarvokulmat on oltava sopivat tarkastelusuuntaan nähden. LED:ien välinen etäisyys ei saa olla 30 cm:iä suurempi, sekä
- .4 EL-järjestelmien on toimittava vähintään tunnin ajan siitä lähtien, kun ne eivät enää saa syöttönsä kohdassa 8.1 vaaditusta normaaliverkosta.

8.3 Toimintahäiriö sähköisten järjestelmien yksittäisessä lampussa, valonauhassa tai akussa ei saa tehdä järjestelmästä toimintakyvyttöä.

8.4 Sähköisten järjestelmien tulee olla voimassa olevan turvavalaisimia käsittelevän IEC-standardin 598-22-2 mukaisia,  $40^\circ\text{C}$  lämpötilassa testattuina

8.5 Järjestelmien tulee täyttää myös IEC 945 -standardin vaatimukset tärinäkestoisuuden ja sähköisten häiriökenttien osalta.

8.6 Sähköisillä järjestelmillä kotelointiluokan on oltava IEC 529 -standardin mukaan vähintään IP 55.

## 9 HUOLTO JA YLLÄPITO

9.1 Savuhätävalaistus on visuaalisesti tarkistettava viikottain ja tästä on pidettävä kirjaa. Kaikki puuttuvat, rikkoontuneet tai epäkunnossa olevat järjestelmän osat on korvattava uusilla.

9.2 Savuhätävalaistuksen tuottama luminanssi on mitattava vähintään viiden vuoden välein. Lukemat on otettava paikan päältä. Jos luminanssi ei tietyltä arvoltaan ole näiden vaatimusten mukainen täytyy lukemia ottaa vähintään kymmenestä eri kohdasta tasaisin välein tilassa. Jos lukemista yli 30 % ei täytä näiden ohjeiden vaatimuksia, on savuhätävalaistus tältä osin vaihdettava. Mikäli 20-30 % lukemista ei täytä näiden ohjeiden vaatimuksia, on savuhätävalaistusjärjestelmä katsastettava uudelleen vuoden sisällä, tai se voidaan vaihtaa.





ASSEMBLY - 18th session  
Agenda item 11

RESOLUTION A.752(18)  
adopted on 4 November 1993

GUIDELINES FOR THE EVALUATION, TESTING AND APPLICATION  
OF LOW-LOCATION LIGHTING ON PASSENGER SHIPS

THE ASSEMBLY,

RECALLING Article 15(j) of the Convention on the International Maritime Organization concerning the functions of the Assembly in relation to regulations and guidelines concerning maritime safety,

RECALLING ALSO that the Maritime Safety Committee adopted, on 10 April 1992, resolution MSC.24(60) and, on 11 December 1992, resolution MSC.27(61), both of which require, inter alia, that in addition to the emergency lighting required by SOLAS regulations II-1/42 and III/11.5, the means of escape including stairways and exits shall be marked by lighting or photoluminescent strip indicators placed not more than 0.3 m above the deck at all points of the escape route,

RECALLING FURTHER that the above resolutions require Administrations to ensure that such lighting or photoluminescent equipment have been evaluated, tested and applied in accordance with guidelines developed by the Organization,

CONSCIOUS of the need for passengers to readily identify, in case of emergencies, the route of escape when the normal emergency lighting is less effective due to smoke,

BELIEVING that passenger safety, in case of fire on board, can be greatly enhanced by the installation of a low-location lighting system, as described in the Guidelines referred to in operative paragraph 1,

HAVING CONSIDERED the recommendation made by the Maritime Safety Committee at its sixty-second session,

1. ADOPTS the Guidelines for the Evaluation, Testing and Application of Low-Location Lighting on Passenger Ships, set out in the Annex to the present resolution;
2. INVITES Governments to implement these Guidelines at the earliest possible opportunity;
3. REQUESTS the Maritime Safety Committee to keep the Guidelines under review and to amend them as necessary in the light of experience gained in their application.



## ANNEX

GUIDELINES FOR EVALUATION, TESTING AND APPLICATION  
OF LOW-LOCATION LIGHTING ON PASSENGER SHIPS

## 1 SCOPE

1.1 These guidelines cover the approval, installation and maintenance of low-location lighting (LLL) required by the regulations II-2/28, paragraph 1.10 and II-2/41-2, paragraph 4.7 of the 1974 SOLAS Convention, as amended, on all passenger ships carrying more than 36 passengers, to readily identify the passengers' route of escape when the normal emergency lighting is less effective due to smoke.

## 2 GENERAL

2.1 In addition to the emergency lighting required by regulations II-1/42 and III/11.5 of the 1974 SOLAS Convention, as amended, the means of escape including stairways and exits should be marked by LLL at all points of the escape route including angles and intersections. In addition, all escape route signs and fire equipment location markings should be of photoluminescent material, or marked by lighting, or a combination of both.

2.2 The supplementary emergency lighting for ro-ro passenger ships required by regulation II-1/42-1 of the 1974 SOLAS Convention, as amended, may be accepted to form partly or wholly the LLL system provided that such a system complies with the requirements of these guidelines.

2.3 The LLL system should function at all times for at least 60 min after its activation. Entire systems, including those that are automatically activated or continuously operating, are to be capable of being manually activated by a single action from the continuously manned central control station.

## 3 DEFINITIONS

3.1 Low-location lighting (LLL) - Electrically powered lighting or photoluminescent indicators placed at points of the escape route to readily identify all routes of escape.

3.2 Photoluminescent (PL) system - An LLL system which uses PL material. PL material contains a chemical (example: zinc sulfide) that has the quality of storing energy when illuminated by visible light. The PL material emits light which becomes visible when the ambient light source is less effective. Without the light source to re-energize it, the PL material gives off the stored energy for a period of time with diminishing luminance.

3.3 Electrically powered (EP) system - An LLL system which requires electrical power for its operation, such as systems using incandescent bulbs, light emitting diodes, electroluminescent strips or lamps, electrofluorescent lamps, etc.



#### 4 PARTICULARS

4.1 The Administration should ensure that the LLL systems meet the requirements of international standards acceptable to the organization.\*

4.2 In all passageways, the LLL should be continuous except as interrupted by corridors and cabin doors in order to provide a visible delineation along the escape route. Systems tested to an international standard\* to demonstrate a visible delineation without being continuous should also be acceptable. The LLL should be installed at least on one side of the corridor, either on the bulkhead within 300 mm of the deck, or on the deck within 150 mm of the bulkhead. In corridors more than two metres wide, LLL should be installed on both sides.

4.3 In dead-end corridors, LLL should have arrows placed at intervals of no more than 1 m, or equivalent direction indicators, pointing away from the dead-end.

4.4 In all stairways, LLL should be installed on at least one side at a height less than 300 mm above the steps which will make the location of each step readily identifiable to any person standing above and below that step. LLL should be installed on both sides if the width of the stairway is two metres or more. The top and bottom of each set of stairs should be identified to show that there are no further steps.

4.5 IMO symbols should be incorporated into the LLL which directs the passengers to the muster stations required by regulation III/24 of the 1974 SOLAS Convention, as amended.

4.6 In all passenger cabins a placard explaining the LLL system should be installed on the inside of the cabin door. It should also have a diagram showing the location of, and the way to, the two closest exits with respect to the cabin.

4.7 Materials used in the manufacture of LLL products should not contain radioactive or toxic materials.

#### 5 DOORS

5.1 LLL should lead to the exit door handle. To prevent confusion, no other doors should be similarly marked.

5.2 Sliding fire doors and watertight doors should be marked with an LLL sign showing how the door opens.

#### 6 SIGNS AND MARKINGS

6.1 All escape route signs and fire equipment location marking should be of photoluminescent material or marked by lighting and fitted in the lower 300 mm of the bulkhead. The dimensions of such signs and markings are to be commensurate with the rest of the LLL system.

---

\* Pending the development of international standards acceptable to the Organization, national standards as prescribed by the Administration should be applied.



6.2 LLL exit signs should be provided at all exits. The signs should be located within the lower 300 mm on the side of exit doors where the handle is located.

6.3 All signs should contrast in colour to the background (bulkhead or deck) on which they are installed.

## 7 PHOTOLUMINESCENT SYSTEMS

7.1 Except where noted, PL strips should be no less than 75 mm wide. PL having a width less than that stated herein should be used only if their luminance is increased proportionally to compensate for their width.

7.2 PL materials should provide at least  $15 \text{ mcd/m}^2$  measured 10 min after the removal of all external illuminating sources. The system should continue to provide luminance values greater than  $2 \text{ mcd/m}^2$  for 60 min.

7.3 Any PL system materials should be provided with not less than the minimum level of ambient light necessary to charge the PL material to meet the above luminance requirements.

## 8 ELECTRICALLY POWERED SYSTEMS

8.1 EP systems should be connected to the emergency switchboard required by regulation II-1/42 of the 1974 SOLAS Convention, as amended, so as to be powered by the main source of electrical power under normal circumstances and also by the emergency source of electrical power when the latter is in operation. Alternatively, for existing ships only, EP systems may be connected to the main lighting system, provided independent batteries provide a backup of at least 60 min and are charged from the main lighting system. Performance of the system while powered by batteries should meet all the requirements stated herein.

8.2 Where electrically powered systems are installed the following standards of luminance are to be applied:

- .1 the active parts of electrically powered system should have a minimum luminance of  $10 \text{ cd/m}^2$ ;
- .2 the point sources of miniature incandescent lamps should provide not less than 150 mcd mean spherical intensity with a spacing of not more than 100 mm between lamps;
- .3 the point sources of light emitting diode systems should have a minimum peak intensity of 35 mcd. The angle of half intensity cone should be appropriate to the likely track directions of approach and viewing. Spacing between lamps should be no more than 300 mm; and
- .4 for electroluminescent systems these should function for 60 min from the instant when the main power supply to which it was required to be connected by paragraph 8.1 is removed.

8.3 All EP systems should be arranged so that the failure of any single light, lighting strip, or battery will not result in the marking being ineffective.



8.4 EP systems should meet the relevant requirements for emergency luminaires in the current edition of publication 598-22-2 published by the International Electrotechnical Commission (IEC) when tested at a reference ambient temperature of 40°C.

8.5 EP systems should meet the requirements for vibration and electromagnetic interference in the current edition of publication 945 published by the IEC.

8.6 EP systems should provide a minimum degree of ingress protection of at least IP 55 in accordance with publication 529 published by the IEC.

## 9 MAINTENANCE

9.1 All LLL systems should be visually examined and checked at least once a week and a record kept. All missing, damaged or inoperable LLL should be replaced.

9.2 All LLL systems should have their luminance tested at least once every five years. Readings should be taken on site. If the luminance for a particular reading does not meet the requirement of these guidelines, readings should be taken in at least ten locations equally spaced apart in the space. If more than 30% of the readings do not meet the requirements of these guidelines, the LLL should be replaced. If between 20% and 30% of the readings do not meet the requirements of these guidelines, the LLL should be checked again in one year or may be replaced.

---



**LIITE 3. KUVA MITATUISTA VALONLÄHTEISTÄ JA MITTAUSLAITTEISTOSTA**

